

В. М. Кузин,
О. В. Кузина

РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Издательство «Радио и связь»



Основана в 1947 году
Выпуск 1206

В.М. Кузин,
О.В. Кузина

РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Справочник



Москва
«Радио и связь»
1995

ББК 32.842
К 89
УДК 621.396.6.001.92 (03)

Редакция литературы по информатике и вычислительной технике

Кузин В. М., Кузина О. В.

К89 Ремонт комбинированных приборов: Справочник.— М.: Радио и связь, 1994.— 224 с., ил.— (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1206).

ISBN 5-256-01-195-2

Рассмотрены схемы, принцип действия, характеристики, устройство и основные правила применения промышленных комбинированных приборов для измерения электрических величин. Приведены принципиальные электрические и монтажные схемы, карты электрических цепей и другие сведения о наиболее распространенных среди радиолюбителей комбинированных приборах. Даны практические рекомендации по отысканию и устранению неисправностей.

Для широкого круга радиолюбителей.

К $\frac{2302020600-008}{046(01)-94}$ 94 **ББК 32.842**

Справочное издание

Массовая радиобиблиотека 1206

Кузин Василий Михайлович
Кузина Ольга Васильевна

РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Заведующий редакцией Ю. Г. Ивашов
Редактор И. Н. Суслова
Художественно-технический редактор Т. Г. Родина
Корректор Н. Л. Жукова

ИБ № 2600

ЛР № 010164 от 04.01.92.

Сдано в набор 25.05.94. Подписано в печать 30.09.94. Формат 60×88¹/₁₆. Бумага типогр. № 2. Гарнитура литературная Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,72. Усл кр.-отт. 13,97. Уч.-изд л 13,95 Тираж 15 000 экз. Изд. № 23827. Зак. № 2878. С-008.

Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Ордена Трудового Красного Знамени Чеховский полиграфический комбинат Комитета Российской Федерации по печати. 142300, г. Чехов, Московской обл.

ISBN 5-256-01-195-2

Предисловие

В практике измерений большое распространение получили переносные комбинированные приборы, позволяющие измерять несколько физических величин в широких пределах значений. Наиболее полно возможности переносных комбинированных приборов можно реализовать при условии правильной эксплуатации и учета влияния их характеристик на результаты измерений, что требует прежде всего знакомства с теорией измерений и наличия необходимой информации о комбинированных приборах как средствах измерений.

В процессе эксплуатации переносных комбинированных приборов могут возникать различного вида неисправности, вызванные как износом и старением элементов системы, так и неправильными действиями оператора. При ремонте этих приборов возможны трудности, связанные с отсутствием маркировки элементов на монтажных платах или колодках, схем расположения элементов и другой необходимой информации.

Предлагаемая читателям книга написана на основе многолетнего опыта эксплуатации переносных комбинированных приборов. В ней изложены основные сведения об измерениях, рассмотрены принципы построения измерительных схем по видам измеряемых физических величин, дана методика подготовки и проведения измерений различных физических величин комбинированными приборами с учетом влияния их характеристик на результаты измерений.

В книге представлены технические и метрологические характеристики, электрические принципиальные, а также монтажные схемы промышленных переносных комбинированных приборов Житомирского производственного объединения «Электроизмеритель» и некоторые варианты исполнения приборов другими заводами.

Подробно рассмотрены вопросы ремонта переносных комбинированных приборов от отыскания неисправностей до подгонки характеристик отдельных элементов с использованием перечня типовых неисправностей и карт электрических цепей на каждый прибор. Такая методика позволяет существенно облегчить ремонт.

Предложен ряд схем любительских комбинированных приборов различного назначения с методикой расчета их элементов и практическими советами по изготовлению. При этом предполагается творческий подход к конструированию и изготовлению приборов в зависимости от конкретных возможностей радиолюбителя. В процессе работы над выбранными конструкциями у читателей могут возникнуть вопросы по компоновке и конструкции приборов. В таких случаях следует обращаться к рекомендованной литературе.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИИ

В настоящее время все более возрастает значение измерений как источника объективной информации о параметрах, характеризующих состояние и свойства объектов, качество выпускаемой продукции. Любая область науки, техники и практической деятельности человека, в том числе радиолюбительская практика, немыслима без измерений, начиная с понятий «далеко — близко», «легкий — тяжелый» и кончая контролем сложных технологических процессов и выполнением научных исследований.

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Единство измерений — такое их состояние, при котором результаты выражены в стандартизованных единицах и погрешность измерений известна с заданной вероятностью. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах, в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

Измерение — процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств (средств измерений).

Средство измерения — техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства. Появляются все более сложные, точные и удобные в работе приборы. Среди их множества особое место занимают комбинированные приборы — постоянные спутники и помощники основной массы радиолюбителей и большого числа специалистов, занимающихся обслуживанием и ремонтом различного рода оборудования — от автоматических линий до бытовой техники.

Комбинированным прибором называют средство измерений, с помощью которого можно измерять несколько физических величин в широком интервале значений.

Физическая величина — свойство, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Взять хотя бы электрическое напряжение — это свойство, в качественном отношении общее для всех источников электрической энергии — от гидроэлектростанции до гальванического элемента, но в количественном отношении различное и характеризующееся конкретным численным значением Если на гальваническом элементе написано, например, «1,5 В», то число 1,5 — это значение напряжения, а буква В означает, что оно измерено в единицах напряжения, называемых вольтами.

Некоторые единицы физических величин представлены в табл. 1.

Различают истинное и действительное значения физической величины. *Истинное значение физической величины* — значение, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство данного объекта. Истинное значение практически недостижимо. По-

Таблица 1. **Единицы физических величин**

Физическая величина	Единица						Соотношение между кратной и основной единицей
	основная или производная			кратная или дольная			
	наименование	обозначение		наименование	обозначение		
		русское	международное		русское	международное	
Ток	Ампер	А	A	Миллиампер	мА	mA	1 мА=10^{-3} А
				Микроампер	мкА	μA	1 мкА=10^{-6} А
				Наноампер	нА	nA	1 нА=10^{-9} А
Напряжение	Вольт	В	V	Киловольт	кВ	kV	1 кВ=10^{3} А
				Милливольт	мВ	mV	1 мВ=10^{-3} В
				Микровольт	мкВ	μV	1 мкВ=10^{-6} В
Сопротивление	Ом	Ом	Ω	Мегаом	МОм	MΩ	1 МОм=10^{6} Ом
				Килоом	кОм	kΩ	1 кОм=10^{3} Ом
				Гигаом	ГОм	GΩ	1 ГОм=10^{9} Ом
				Тераом	ТОм	TΩ	1 ТОм=10^{12} Ом
Емкость	Фарада	Ф	F	Микрофарада	мкФ	μF	1 мкФ=10^{-6} Ф
				Нанофарада	нФ	nF	1 нФ=10^{-9} Ф
				Пикофарада	пФ	pF	1 пФ=10^{-12} Ф
Частота	Герц	Гц	Hz	Килогерц	кГц	kHz	1 кГц=10^{3} Гц
				Мегагерц	МГц	MHz	1 МГц=10^{6} Гц
				Гигагерц	ГГц	GHz	1 ГГц=10^{9} Гц

этому на практике используют *действительное значение физической величины* — значение, полученное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному, что в том или ином конкретном случае может быть использовано вместо него.

По физическому смыслу измерения подразделяют на прямые и косвенные. *Прямое измерение* — измерение, при котором искомое значение физической величины считывают непосредственно со шкалы прибора. Например, измерение напряжения вольтметром, тока — амперметром.

Косвенное измерение — измерение, при котором искомое значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, определяемыми прямыми измерениями. Например, вычисление значения тока по формуле $I=U/R$, причем значение напряжения

измеряют вольтметром, а значение сопротивления резистора, как правило, постоянно и известно.

Основная задача измерений — обеспечение точности, достоверности, сравнимости результатов и их единство. Вопросы теории и практики обеспечения единства и точности результатов измерений, получаемых с помощью средств измерений, определяют содержание метрологии.

Точность измерений характеризуется близостью их результатов X к истинным (действительным) значениям X_0 и выражается погрешностью измерения. Различают абсолютную ΔX, относительную δ и приведенную γ погрешности.

Абсолютная погрешность — непосредственное отклонение измеренного значения X от действительного X_0, выражаемое в единицах измеряемой величины:

$$\Delta X = X - X_0.$$

Например, если при измерении напряжения, действительное значение которого $U_0 = 100$ В, получено измеренное значение $U = 98$ В, то абсолютная погрешность измерения

$$\Delta U = U - U_0 = -2 \text{ В}$$

или при измерении напряжения, действительное значение которого $U_0 = 1$ В, получено измеренное значение $U = 1{,}05$ В, то абсолютная погрешность

$$\Delta U = U - U_0 = 0{,}05 \text{ В}.$$

Относительная погрешность служит для оценки точности измерений. Ее выражают отношением абсолютной погрешности к действительному (или измеренному) значению в долях или процентах:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_0} \approx \frac{\Delta X}{X}; \ \delta = \frac{\Delta X}{X_0} \cdot 100.$$

Для приведенных примеров

$$1) \ \delta = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 100 = -2\ \%,$$

$$2) \ \delta = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 100 = 5\ \%.$$

Следовательно, первое измерение является более точным, хотя абсолютная погрешность в первом примере больше, чем во втором.

Для сравнительной оценки точности электромеханических приборов, в том числе комбинированных, используют приведенную погрешность, под которой понимают выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению X_N:

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_N} \cdot 100.$$

Значение X_N для однопредельных приборов принимают равным конечному значению шкалы прибора или сумме конечных значений, если шкала двусторонняя, для многопредельных приборов — пределу измерения, на котором ведут измерение.

При существенно неравномерной шкале (логарифмической, гиперболической) приведенную погрешность выражают в процентах от длины шкалы:

$$\gamma = \frac{\Delta X l}{LC} \cdot 100,$$

где L — длина рабочей части шкалы, мм; l — расстояние между двумя соседними делениями на участке шкалы, где остановилась стрелка, мм; С — цена упомянутого расстояния в единицах измеряемой величины.

Приведенную погрешность, определенную для конкретного прибора при нормальных условиях (определенных температуре, влажности, атмосферном давлении и др.), называют основной погрешностью прибора. Нормальные условия указывают в техническом описании прибора Основная погрешность обусловлена выбранным методом измерения, конструктивными недостатками прибора, погрешностью градуировки шкалы, погрешностью отсчета. При отклонении условий эксплуатации прибора от нормальных возникают дополнительные погрешности (температурная, частотная и др.).

Обобщенную характеристику, определяемую пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, называют классом точности прибора и определяют стандартом. Класс точности характеризует свойства приборов в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности отдельных измерений, выполняемых с помощью этих приборов. Приборам, у которых пределы допускаемой основной погрешности заданы приведенной погрешностью, присваивают согласно ГОСТ 8.401—80 тот или иной класс точности, выбираемый из ряда: $1 \cdot 10^n$; $1{,}5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2{,}5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$, где $n = 1, 0, -1, -2$ и т. д., например, для электроизмерительных приборов приняты классы точности 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0, где более точным является прибор с классом точности 0,02.

Через определенное время, установленное метрологическими документами, а также после ремонта при сомнении в показаниях и т д. проводят проверку соответствия допускаемой основной погрешности прибора установленному классу точности, иначе говоря, прибор подвергают поверке. Поверкой средства измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения и оценки его погрешности с целью выяснить, соответствуют ли точностные характеристики средства измерений регламентированным значениям и пригодно ли оно к применению.

Для поверки приборов класса точности 0,5...4,0, к которым отнесены и комбинированные приборы, применяют метод сравнения их показаний с показаниями образцовых (более точных) приборов. Образцовый прибор выбирают исходя из характеристик поверяемого прибора, а именно: рода измеряемой величины (амперметр, вольтметр, микроамперметр и т. д.), рода измеряемого тока (постоянный, переменный) и частотного диапазона для переменного тока, класса точности (класс точности образцового прибора должен быть выше класса точности поверяемого не менее чем в 4 раза), предела измерений (конечные значения шкал образцового и поверяемого приборов не должны отличаться более чем на 25 %).

При отсутствии образцового прибора, удовлетворяющего последнему требованию, можно использовать прибор с большим пределом измерений, но более высокого класса точности, определяемого по формуле

$$\gamma_0 \leqslant \frac{\gamma_n A_n}{4A_0},$$

где γ_0 — класс точности образцового прибора, $\gamma_п$ — класс точности поверяемого прибора, $A_п$ — предел измерения поверяемого прибора, A_0 — предел измерения образцового прибора.

При поверке основная погрешность прибора определяется для каждой числовой отметки шкалы поверяемого прибора 2 раза. Вначале, увеличивая выходное напряжение (ток) источника питания, устанавливают указатель поверяемого прибора поочередно на каждую числовую отметку шкалы, плавно подводя его к этой отметке со стороны меньших значений («снизу»), и определяют для каждой поверяемой точки действительное значение измеряемой величины по образцовому прибору $\uparrow A_{0i}$. Дойдя до конца шкалы, увеличивают измеряемую величину так, чтобы указатель (стрелка) поверяемого прибора дошел до упора, и тогда плавно уменьшая напряжение, снимают показания образцового прибора $\downarrow A_{0i}$ для каждой отметки шкалы $A_{пi}$ поверяемого прибора подводя к ней указатель со стороны больших значений («сверху»).

Для каждой числовой отметки шкалы вычисляют среднее арифметическое действительных значений $A_{0i} = \frac{\uparrow A_{0i} + \downarrow A_{0i}}{2}$ и абсолютные погрешности $\Delta A_i = A_{пi} - A_{0i}$.

Затем проверяют условие соответствия определенной допускаемой погрешности классу точности

$$\frac{\Delta A_{max}}{A_п} \cdot 100 \leqslant \gamma_п,$$

где $\gamma_п$ — класс точности поверяемого прибора, ΔA_{max} — наибольшее числовое значение абсолютной погрешности без учета знака, $A_п$ — предел измерения, на котором проводилась поверка.

Если условие выполняется, то точностные характеристики прибора соответствуют требуемым и его считают пригодным к эксплуатации.

Встроенные омметры и измерители емкости поверяют путем измерения известных значений соответствующих величин, например набора (магазинов) резисторов или конденсаторов, параметры которых приняты за действительные значения. Допускаемая погрешность вычисляется как приведенная погрешность к длине шкалы при каждом значении измеряемой величины.

Здесь описан упрощенный подход к проведению поверки. В действительности процесс поверки средств измерений есть сложный комплекс мероприятий, связанный с определением большого числа характеристик. Поверку имеют право проводить поверители, имеющие специальную подготовку и удостоверение на право поверки, выдаваемое метрологическими органами. Факт поверки оформляют документально, а на прибор наносят специальное клеймо, несущее информацию о квартале и годе поверки, номере и принадлежности организации, ее проводившей.

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, УСТРОЙСТВО И КОНСТРУКЦИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Комбинированные приборы являются универсальными измерительными многопредельными приборами. Их применяют для непосредственного измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления

постоянному току, емкости, относительного уровня переменного напряжения, для контроля наличия или отсутствия тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов; для определения обрыва или замыкания цепей в кабелях, жгутах, предохранителях и электрорадиоэлементах, для проверки исправности различных электрорадиоэлементов.

Приборы могут иметь до четырех десятков пределов измерений. Малое число органов управления современными комбинированными приборами создает удобства в эксплуатации и снижает вероятность выхода приборов из строя вследствие неправильного применения.

Технические характеристики отечественных комбинированных приборов приведены в табл. 2. Основная погрешность (класс точности) приборов выражена в процентах от значений пределов измерений, указанных в таблице для постоянного и переменного токов и напряжений. При измерении сопротивления постоянному току, емкости, относительного уровня переменного напряжения — в процентах от длины рабочей части шкалы.

Основная погрешность приборов не превышает указанных значений при нормальных условиях или нормальных значениях влияющих факторов, а именно: рабочее положение — горизонтальное с отклонением $\pm 2°$, температура 15...25 °С (для вариантов с буквой «Т» в обозначении 22...32 °С), влажность — 80 %, форма кривой тока или напряжения — синусоидальная.

Изменение показаний приборов при отклонении их рабочего положения от горизонтального на 10° в любом направлении не превышает допускаемых погрешностей.

Дополнительные погрешности, вызванные изменением температуры на 10 °С в пределах рабочих температур, не превышают основных погрешностей.

Изменения показаний приборов, вызванные изменением частоты от границ номинальных областей до любых значений в расширенных областях частот при измерении переменного тока и напряжения, относительного уровня переменного напряжения, не превышают допустимых значений основных погрешностей.

Погрешность измерений, вызванная отклонением формы кривой тока или напряжения от практически синусоидальной под влиянием второй, третьей или пятой гармонических составляющих, равной 5 % действующих значений измеряемого тока или напряжения, не превышает значения основной погрешности.

Изоляция приборов между всеми изолированными электрическими цепями и корпусом приборов при нормальных значениях температуры и влажности выдерживает в течение 1 мин действие испытательного напряжения (значение указано на шкале приборов в киловольтах) практически синусоидальной формы и частотой 50 Гц.

В комбинированных приборах применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внутрирамочным магнитом. Принцип действия этих механизмов основан на взаимодействии измеряемого тока, протекающего по проводникам подвижной катушки, с магнитным полем постоянного магнита. В приборах более ранних выпусков еще применяли измерительные механизмы с внешним магнитом. Их принцип действия аналогичен.

Магнитоэлектрический механизм с внутрирамочным магнитом (рис. 1) содержит внутренний цилиндрический магнит 8 из магнитотвердого материала, кольцо 6 из магнитомягкого материала. В воздушном зазоре между ними образуется практически равномерное магнитное поле. В воздушном зазоре помещена рамка 7 из изолированного медного провода диаметром 0,02...0,5 мм, намотанного на легкий алюминиевый каркас прямоугольной формы. К рамке с двух сторон прикреплены алюминиевые буксы 5, в которых закреплены полуоси 3 и 9.

Полуоси выполнены в виде легких алюминиевых трубок, в которые с одной

Таблица 2. **Характеристики комбиниированных приборов**

Прибор	Виды и пределы измерения				
	постоянное напряжение В	переменное напряжение, В	постоянный ток, мА	переменный ток, мА	сопротивление, кОм
ТТ-1	10...1000	10...1000	0,2...500	—	2...2000
ТТ-2	7,5...900	7,5...900	0,3...750	—	2...2000
ТТ-3	0,1...1000	1...1000	0,3...3000	—	2...20 000
ПР-5М	6...600	6...600	0,06...600	—	0,5...5000
АВО-5М	3...6000	3...6000	0,06...12 000	3...12 000	0,3...3000
Ц20	1,5...600	7,5...600	0,3...750	—	1...1000
Ц20-05	0,1...1000	0,1...1000	0,1...1000	0,1...1000	1...1000
Ц51	3...7500	3...6000	0,75...15 000	3...15 000	3...30 000
Ц52	0,075...7500	3...6000	0,15...6000	3...6000	10...10 000
Ц55	0,075...600	0,75...600	0,3...1500	0,3...1500	10...10 000
Ц56	0,075...600	0,3...600	0,3...6000	1,5...6000	3...3000
Ц56/1	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...6000	5...5000
Ц57	0,075...600	3...600	0,15...1500	3...1500	3...3000
Ц315	2,5...1000	2,5...1000	1...5000	2,5...5000	5...5000
Ц430	0,75...600	3...600	—	—	3...3000
Ц430/1	0,75...600	3...600	—	—	3...3000
Ц431	3...600	3...600	0,3...6000	0,3...6000	0,3...3000
Ц431/1	3...600	3...600	0,3...6000	0,3...6000	0,3...3000
Ф432	6...600	0,015...600	0,06...30	0,6...3	20...2000
Ц433	0,075...750	1,5...750	0,15...7500	3...7500	—
Ц434	0,5...1000	1,5...1000	0,05...100	0,25...25 000	3...30 000
Ф434 (Ф434/1)	0,3...600	1,5...750	0,06...600	0,3...300	5...500
Ц435	0,075...1000	2,5...1000	0,05...2500	5...2500	3...3000
Ц437	2,5...1000	2,5...1000	0,1...1000	—	0,3...3000
Ц438	0,075...600	0,3...600	6...15 000	6...15 000	0,1...1000
Ц4311	0,075...750	0,75...750	0,3...7500	3...7500	—
Ц4312	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...3000	0,2...3000
Ц4313	0,075...600	1,5...600	0,06...1500	0,6...1500	0,5...5000
Ц4314	0,075...600	0,75...600	0,012...1500	0,3...1500	1...10 000
Ц4315	0,075...1000	1...1000	0,05...2500	0,5...2500	0,3...5000
Ц4317	0,1...1000	0,5...1000	0,025...5000	0,25...5000	0,2...3000
Ф4313	0,06...1200	0,3...1200	0,06...6000	0,6...6000	5000
Ф4318	0,001...1000	0,001...1000	0,001...30 000	0,001...30 000	0,5...5000
Ц4323	0,5...1000	2,5...1000	0,05...500	0,05	0,5...500
Ц4324	0,6...1200	3...900	0,06...3000	0,3...3000	0,2...5000
Ц4325	0,12...600	3...600	0,03...3000	0,3...3000	0,5...5000
Ц4326	0,6...900	3...900	0,06...3000	0,3...3000	0,2...2000

емкость, мкФ	Частотный диапазон, Гц	Класс точности, %, при измерении			Внутреннее сопротивление, кОм/В, при измерении		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		постоянного тока и напряжения	переменного тока и напряжения	сопротивления	постоянного напряжения	переменного напряжения		
—	50...1000	4,0	4,0	10	5	—	215×115×75	1,6
—	50...5000	4,0 и 2,5	4,0	4,0	2,5	—	215×115×75	1,5
—	40...10 000	2,5	4,0	2,5	10	3,3	135×110×65	1
—	45...10 000	4,0	4,0	2,5	16,7	7	169×116×73	1,3
—	50...1000	4,0	5,0	2,5	20	2	270×220×220	8,5
—	50...5000	4,0	4,0	4,0	10	2	208×118×75	1,6
—	20...20 000	4,0	4,0	2,5	20	20	210×95×75	1,2
—	30...10 000	1,0	1,5 и 2,5	1,0	20	2	265×185×135	4
0,005...10	45...1000	1,5 и 4,0	2,5 и 4,0	1,5	20	2	205×110×80	1,3
0,1	45...5000	2,5	4,0	2,5	8,3	3,3	205×110×84	1,3
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,67	0,67	205×110×84	1,3
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,67	0,67	205×110×84	1,3
0,3	45...5000	1,5	2,5	1,5	20	10	205×110×90	1,3
—	45...1000	1,5	2,5	2,5	1	0,4	210×130×90	1,6
—	45...20 000	2,5	2,5	2,5	8	8	128×88×50	0,45
—	45...20 000	4,0	4,0	2,5	8	8	128×88×50	0,45
—	45...10 000	1,5	2,5	2,5	—	—	170×85×45	—
—	45...10 000	2,5	4,0	4,0	—	—	170×85×45	—
—	45...20 000	2,5	4,0	1,5	16,7	1000	210×115×90	1,4
—	45...16 000	0,5	1,0	—	10	0,67	220×170×85	1,7
—	45...10 000	1,0 и 1,5	2,5	1,0 и 1,5	20	2	240×200×150	2,6
—		2,5	4,0	2,5	16,7	3,38	210×115×90	1,3
0,3	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	2	205×110×84	1,3
—	45...40 000	2,5	4,0	2,5	10	10	212×118×75	1,3
—	45...10 000	1,5	2,5	2,5	0,67	0,67	250×200×115	2,5
—	45...16 000	0,5	1,0	—	0,33	0,3	295×225×125	4
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,67	0,67	215×115×90	1,5
—	45...5 000	1,5	2,5	1,5	20	2	215×115×90	1,5
0,0005	45...15 000	2,5	4,0	2,5	83	3,3	215×115×90	1,5
0,1	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	2	215×115×90	1,5
0,03...0,5	45...5 000	1,5	2,5	1,5	2	4	223×120×95	2
—	45...10 000	1,5	2,5	1,5	20	20	225×120×95	2
—	30...20 000	1,5	2,5	1,5	1000	666	315×140×100	3,5
0,05...500 НЧ-1 кГц ПЧ-465 кГц	45...30 000	5,0	5,0	5,0	20	20	145×90×42	0,45
—	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	167×96×63	0,6
—	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	162×98×62	0,8
—	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	170×100×65	0,6

Прибор	Виды и пределы измерения				
	постоянное напряжение, В	переменное напряжение, В	постоянный ток, мА	переменный ток, мА	сопротивление, кОм
Ц4328	0,3...30	3...300	6	—	100
Ц4331	—	3...30	—	—	—
Ц4340	0,5...1000	2,5...1000	0,05...25 000	0,25...2500	3...3000
Ц4341	0,3...900	1,5...750	0,06...600	0,3...300	0,5...5000
Ц4342	1...1000	1...1000	0,05...2500	0,25...2500	0,3...5000
Ц4342-М1	0,1...1000	1...1000	0,05...2500	0,05...2500	0,3...10 000
Ц4352	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...6000	0,2...3000
Ц4353	0,075...600	1,5...600	0,06...1500	0,6...1500	0,3...5000
Ц4354	0,075...600	0,75...600	0,12...1500	0,12...1500	3...3000
Ц4354-М1	0,075...600	0,75...600	0,012...1500	0,12...1500	0,3...5000
Ц4360	0,5...1000	2,5...1000	0,05...2500	0,5...2500	0,2...3000
Ц4380	0,075...600	0,3...600	6...15 000	6...15 000	1...1000
Ц4382	2,5...1000	2,5...1000	0,5...2500	0,5...2500	2...200
Ц4393	3...600	3...600	0,12...1500		0,5...500
43101	0,075...1000	0,5...1000	0,05...5000	0.25...10 000	0,2...10 000
43102	0...40	0...400	—	—	0,1...100
43109	0,5...1000	10...1000	0,05...500	—	0,02...500
43104	0,6...1200	3...1200	0,06...3000	0,3...3000	0,2...10 000

стороны запрессованы керны (отрезки стальных стержней, заточенных с внешней стороны на конус). Опираются керны на агатовые или корундовые подпятники, закрепленные на неподвижных частях прибора. Рамка 7 может поворачиваться вместе с полуосями 3 и 9 стрелкой 1, конец которой перемещается над шкалой 2. Плоские спиральные пружины 4 и 11 служат для создания момента, противодействующего повороту рамки, и для подвода тока к рамке. Одна из пружин закреплена между полуосью и корпусом. Другая пружина, со стороны шкалы, одним концом прикреплена к полуоси, а другой — к корректору 12, вилка которого охватывает эксцентричный стержень винта корректора 13. Вращением винта стрелка устанавливается на нулевое деление шкалы. Противовесы 10 служат для уравновешивания подвижной части механизма с целью стабилизации положения стрелки 1 при изменении положения прибора и уменьшения момента трения, возникающего при вращении рамки между кернами и подпятниками.

Наиболее распространены магнитоэлектрические измерительные механизмы на растяжках (рис. 2), применяемых для крепления подвижной рамки к корпусу

емкость, мкФ	Частотный диапазон, Гц	Класс точности, %, при измерении			Внутреннее сопротивление, кОм/В, при измерении		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		постоянного тока и напряжения	переменного тока и напряжения	сопротивления	постоянного напряжения	переменного напряжения		
Частота вращения 9000 $мин^{-1}$	—	2,5	4,0	2,5	10	2	215×115×90	1,5
—	50 1 000 000	—	1,0	—	—	0,333	270×170×90	2
	45...10 000	1,0	1,5	1,5	20	2	255×190×130	3,5
	45...20 000	2,5	4,0	2,5	16,7	3,3	215×115×90	1,2
Параметры транзисторов	45...2000	2,5	4,0	2,5	20	3,6/0,2	215×115×90	1,2
То же	45...2000	2,5	4,0	2,5	20	3,6/0,2	215×115×90	1,2
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,7	0,7	215×115×90	1,5
0,0005	45...5000	1,5	2,5	1,5	20	2	215×115×90	1,5
0,1	45...20 000	2,5	4,0	2,5	83	8,3	215×115×90	1,8
0,1	45...20 000	2,5	4,0	2,5	36/16	36/16	215×115×90	1,5
	45...5000	2,5	4,0	2,5	20	2	215×115×90	1,5
Генератор импульсов	45...10 000	1,5	2,5	1,5	0,7	0,7	290×200×135	3,5
—	45...200	2,5	4,0	2,5	7,5	2	260×178×120	3
0,5	45...5000	2,5	4,0	2,5	10	2	260×200×150	2,6
до 1	45...10 000	1,5	2,5	1,5	20	4	215×115×90	1,5
Частота вращения 9000 $мин^{-1}$	—	1,5	2,5	2,5	10	—	160×120×80	0,7
—	45...20 000	4,0	4,0	4,0	20	5	135×85×45	0,35
Параметры транзисторов	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	112×176×52	0,6

механизма, создания противодействующего момента и подвода тока к виткам рамки. Растяжки 4 и 8 представляют собой тонкие ленточные пружины из бронзы. Одна из растяжек 4 закреплена на корпусе измерительного механизма. Другая растяжка 8 припаивается к подвижной шайбе 10 корректора. Применение растяжек упрощает конструкцию прибора и исключает момент трения, возникающий при движении рамки.

Легкая трубчатая алюминиевая стрелка и шкала образуют отсчетное устройство. Шкала комбинированных приборов многопредельная и содержит большое количество информации о характеристиках прибора (рис. 3). Для уменьшения погрешности отсчета иногда шкалу снабжают зеркалом, помещенным под узким дугообразным вырезом в ней, а стрелку выполняют ножевидной формы с плоскостью, расположенной перпендикулярно шкале. Показания считывают при таком положении глаза наблюдателя, когда стрелка закрывает свое изображение в зеркале.

При протекании по рамке измеряемого тока на ее активные стороны, расположенные в воздушном зазоре между магнитом и кольцом, действует пара

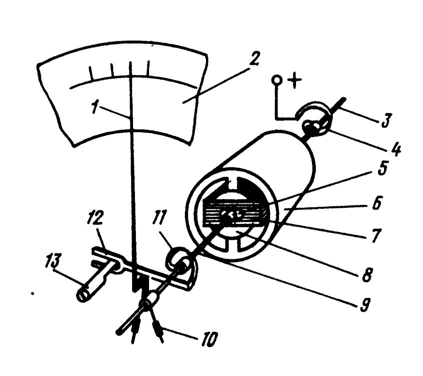


Рис. 1. Магнитоэлектрический измерительный механизм на кернах с внутрирамочным магнитом:

1 — стрелка, 2 — шкала, 3, 9 — полуоси, 4, 11 — спиральные пружины, 5 — букса, 6 — кольцо из магнитомягкого материала, 7 — рамка, 8 — постоянный магнит, 10 — противовесы, 12, 13 — корректоры

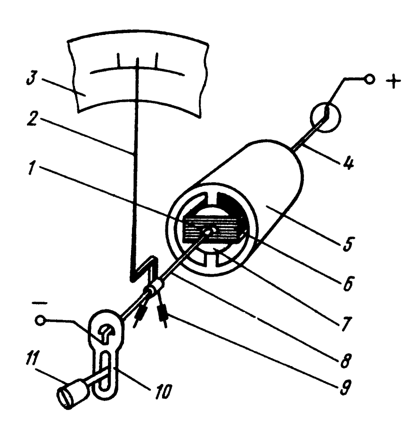


Рис. 2. Магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с внутрирамочным магнитом:

1 — букса, 2 — стрелка, 3 — шкала, 4, 8 — растяжки, 5 — кольцо из магнитомягкого материала, 6 — рамка, 7 — постоянный магнит, 9 — противовесы, 10 — корректор, 11 — винт корректора

сил, создающая вращающий момент, направление которого определяется правилом левой руки. Вращающий момент вызывает поворот рамки на угол, при котором этот момент оказывается уравновешенным противодействующим моментом, возникающим при закручивании пружин или растяжек. Благодаря равномерному постоянному магнитному полю в воздушном зазоре вращающий момент, а следовательно, и угол α отклонения подвижной части пропорциональны току I, протекающему через рамку. Этот угол

$$\alpha = \frac{BSw}{M_{уд}} I,$$

где B — магнитная индукция в воздушном зазоре, зависящая от свойств применяемого магнита, S — площадь рамки, w — число витков обмотки рамки, $M_{уд}$ — удельный противодействующий момент, определяемый материалом пружин (растяжек) и их размерами.

Очевидно, что угол α отклонения подвижной части измерительного механизма линейно увеличивается вместе с измеряемым током I, поэтому шкала магнитоэлектрических механизмов равномерна.

Магнитная индукция в воздушном зазоре, число витков и площадь рамки, а также удельный противодействующий момент остаются постоянными и определяют чувствительность механизма.

При движении рамки в ее алюминиевом каркасе индуцируется ток, взаимодействие которого с полем постоянного магнита создает тормозной момент, всегда направленный против направления движения рамки. Это приводит к быстрому успокоению подвижной части механизма. Для магнитоэлектрических измерительных приборов время успокоения части не превышает 4 с.

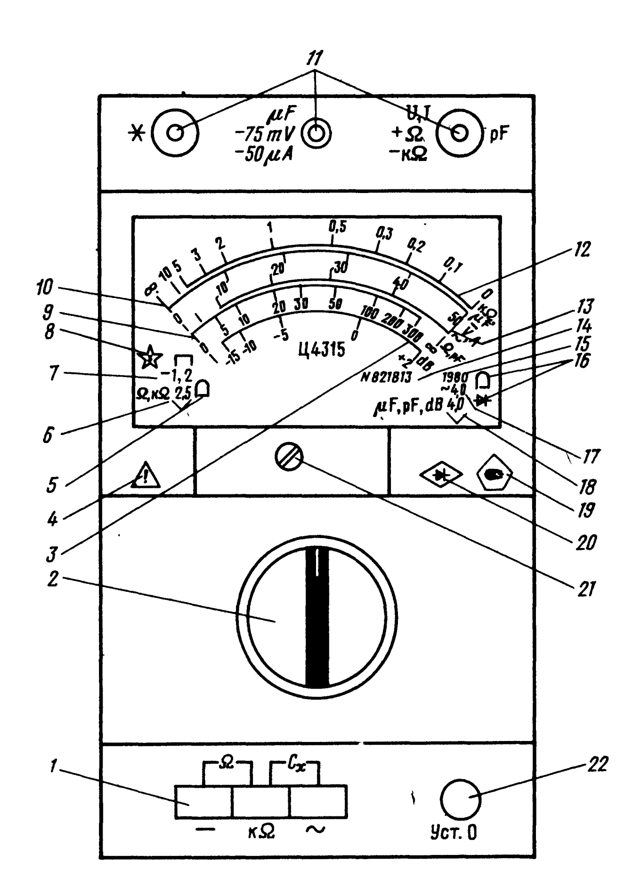


Рис. 3. Шкала и органы управления комбинированного прибора:

1 — переключатель рода работ; 2 — переключатель пределов измерений; 3 — шкала децибел; 4 — *Внимание! Изучи инструкцию*; 5 — обозначение магнитоэлектрической системы; 6 — класс точности встроенного омметра; 7 — класс точности ампервольтметра постоянного тока; 8 — сопротивление изоляции испытано напряжением 3 кВ; 9 — шкала параллельного омметра; 10 — шкала ампервольтметра постоянного тока; 11 — входные зажимы; 12 — шкала последовательного омметра; 13 — шкала ампервольтметра переменного тока; 14 — заводской номер; 15 — год выпуска; 16 — обозначение магнитоэлектрической системы с выпрямлением; 17 — класс точности ампервольтметра переменного тока; 18 — класс точности встроенного фарадометра; 19 — знак стандартов; 20 — фирменный знак завода изготовителя; 21 — винт механического корректора; 22 — ручка переменного резистора «Уст. 0» встроенных омметров и фарадометров

Кроме чувствительности и времени успокоения механизмы характеризуются током полного отклонения $I_н$, т. е. током, вызывающим отклонение стрелки до конечной оцифрованной отметки шкалы, а также напряжением полного отклонения $U_н$ — падением напряжения на рамке при протекании тока $I_н$ и внутренним сопротивлением $R_н$, которое определяется сопротивлением провода рамки. Перечисленные параметры связаны законом Ома:

$$U_н = I_н R_н$$

Магнитоэлектрические механизмы пригодны для измерений только постоянного тока, изменение направления тока в рамке приводит к изменению направления вращающего момента и отклонению подвижной части При измерении тока с частотой до 7 Гц стрелка будет непрерывно с этой же частотой колебаться около нулевой отметки шкалы. При большей частоте измеряемого тока подвижная система вследствие своей инерционности не успевает следовать за изменением тока и остается в начальном положении. Если через рамку пропустить пульсирующий ток, то отклонение стрелки будет соответствовать значению постоянной составляющей этого тока.

Магнитоэлектрические механизмы сложны в изготовлении, имеют сравнительно низкую перегрузочную способность, обусловленную перегревом пружин (растяжек) и изменением их свойств, а также их показания зависят от температуры. Последние два обстоятельства необходимо учитывать при эксплуатации механизмов. Вместе с тем механизмы рассматриваемого вида наиболее точны и чувствительны, потребляют от исследуемой цепи очень небольшую мощность, их показания почти не зависят от действия внешних магнитных полей (из-за наличия сильного собственного магнитного поля).

В комбинированных приборах применяют только магнитоэлектрический механизм — микроамперметр с током полного отклонения $I_и=10...300$ мкА и внутренним сопротивлением $R_и=30..1200$ Ом Пределы измерения по току и напряжению расширяют путем применения шунтов и добавочных резисторов.

Если измеряемый ток I превышает номинальный ток микроамперметра $I_и$ с сопротивлением $R_и$, то параллельно микроамперметру включают резистор, называемый шунтом, через который протекает ток $I_ш$ (рис. 4):

$$I_ш=I-I_ш.$$

Сопротивление шунта $R_ш$ находят из условия одинакового падения напряжения при параллельном соединении

$$I_и R_и=I_ш R_ш=(I-I_и)R_ш$$

или

$$R_ш=\frac{I_и R_и}{I-I_и}.$$

Поделив числитель и знаменатель правой части равенства на $I_и$, получим

$$R_ш=\frac{R_и}{I/I_и-1}=\frac{R_и}{n-1},$$

где $n=I/I_и$ — коэффициент расширения по току.

Шунты изготовляют из манганина, обладающего малым температурным коэффициентом. В комбинированных приборах чаще всего применяют многопредельные ступенчатые шунты (рис. 5), называемые универсальными.

Если принять $I_1<I_2$, то сопротивление шунтов для пределов I_1 и I_2 будет соответственно равно:

$$R_{ш1}=R1+R2=\frac{R_и}{n_1-1};\ R_{ш2}=R1=\frac{R2+R_и}{n_2-1},$$

где $n_1=I_1/I_и$, $n_2=I_2/I_и$ — соответствующие коэффициенты расширения Совместное решение этих уравнений определяет сопротивление резисторов R1 и

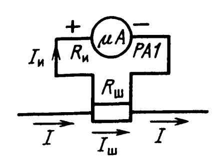


Рис. 4. Схема амперметра

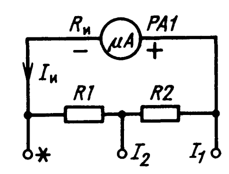


Рис. 5. Схема двухпредельного амперметра

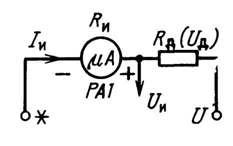


Рис. 6. Схема вольтметра

R2 двухпредельного шунта

$$R1 = R_и \frac{n_1}{n_1 - 1}\left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}\right); \ R2 = R_и \frac{n_1}{(n_1 - 1)n_2}.$$

Расчет для многопредельного ступенчатого шунта аналогичен.

Микроамперметр с включенным последовательно добавочным резистором используется как вольтметр для измерения напряжения (рис. 6). Измеряемое напряжение U равно сумме падений напряжения $U_и$ на внутреннем сопротивлении $R_и$ микроамперметра и $U_д$ на добавочном резисторе $R_д$ при протекающем общем номинальном токе $I_и$:

$$U = U_и + U_д; \ I_и = U_и / R_и = U_д / R_д,$$

откуда

$$R_д = \frac{U}{U_и} R_и = \left(\frac{U - U_и}{U_и}\right) R_и = \left(\frac{U}{U_и} - 1\right) R_и = (m - 1) R_и,$$

где $m = U/U_и$ — коэффициент расширения по напряжению.

В комбинированных приборах используется ступенчатое включение резисторов (рис 7), и для соответствующих пределов измерений U_1, U_2, U_3 при токе измерительного механизма $I_и$ сопротивления добавочных резисторов рассчитывают по формулам

$$R1 = (m_1 - 1) R_и; \ R2 = (m_2 - 1) R_и - R1; \ R3 = (m_3 - 1) - R1 - R2,$$

где $m_1 = U_1/U_и$; $m_2 = U_2/U_и$; $m_3 = U_3/U_и$ — коэффициенты расширения соответствующих пределов.

В качестве шунтов и добавочных сопротивлений используют резисторы, специально изготовленные из проводов, выполненных из сплавов высокого сопротивления (табл. 3, 4). Провод наматывают на прямоугольные или круглые каркасы, а также на резисторы типов МЛТ, С2-С9 и т. д. (табл. 5).

Рис. 7. Схема трехпредельного вольтметра

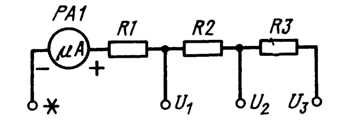


Таблица 3. **Провода, выполненные из сплавов высокого сопротивления**

Марка	Характеристика	Диаметр, мм		Пробивное напряжение, В	Применение
		без изоляции	с изоляцией		
ПЭМТ	Провод эмалированный манганиновый твердый	0,02...0,025	0,03...0,035	100	Высокоомные добавочные сопротивления
ПЭММ	Провод эмалированный манганиновый мягкий	0,03...1	0,05...1,1	100...300	Добавочные сопротивления и шунты
ПЭК	Провод эмалированный константановый	0,03...1	0,045...1,07	100...300	Добавочные сопротивления и реостаты
ПЭШОМТ (ПЭШОММ)	Провод эмалированный с одним слоем шелковой изоляции, манганиновый твердый (мягкий)	0,05...1	0,135...1,17	—	Добавочные сопротивления и шунты
ПЭВММ-1 (ПЭВМТ-1)	Провод эмалированный высокопрочный мягкий (твердый)	0,02...0,4	0,04...0,55	175...400	Добавочные сопротивления
ПЭМС	Провод эмалированный манганиновый высокопрочный стабилизированный	0,05...0,8	0,08...0,9	175...600	Добавочные сопротивления и шунты

Для измерений на переменном токе магнитоэлектрические микроамперметры применяют совместно с полупроводниковыми выпрямителями. Для рассмотрения работы различных схем выпрямителей необходимо знать, что переменный ток и напряжение переменного тока характеризуются пятью основными параметрами: мгновенным, пиковым, средним, средневыпрямленным и среднеквадратическим значениями.

Мгновенное значение — это значение напряжения в определенный момент, например значение напряжения u_1 в момент t_1 или u_2 в момент t_2 (рис. 8).

Пиковое значение $U_{пик}$ (амплитудное значение U_m для синусоидальных переменных напряжений) — наибольшее или наименьшее значение напряжения за время измерения.

Среднее значение переменного напряжения за время измерения

$$U_{ср} = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)dt$$

По смыслу среднее значение — это постоянная составляющая переменного напряжения u(t) за время измерения T. Графически — это среднее зна-

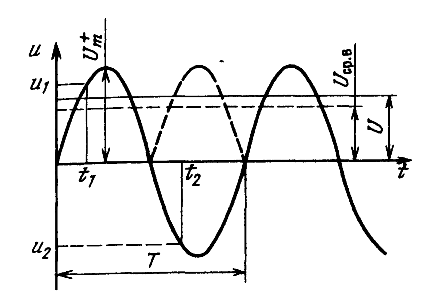


Рис. 8. Синусоидальная форма напряжения

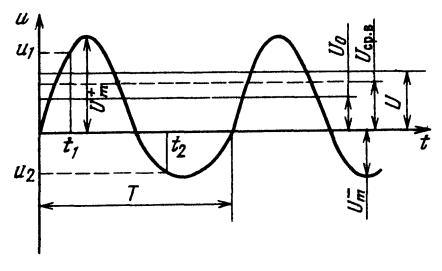


Рис. 9. Несинусоидальная форма напряжения

чение за время T, равное разности площадей ограниченной кривой под и над осью времени (рис. 8, 9).

Однако среднее значение переменного напряжения, симметричного относительно оси времени за время измерения T, равно нулю. В этом случае используют средневыпрямленное значение переменного напряжения, определяемое выражением

$$U_{ср\ в}=\frac{1}{T}\int_0^T |u(t)|\,dt.$$

Геометрически это сумма площадей, ограниченная кривой над и под осью времени t. При таком определении считают, что выпрямление двухполупериодное.

Среднеквадратическое значение переменного напряжения за время измерения T находят из выражения

$$U=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T [u_2(t)]^2dt}.$$

Для синусоидального переменного напряжения среднеквадратическое значение называют действующим (эффективным) значением. Действующее значение U переменного напряжения численно равно такому постоянному напряжению, при действии которого выделяется то же количество тепловой энергии, что и при действии сравниваемого переменного напряжения за одно и то же время.

Связь между параметрами напряжения устанавливают через коэффициенты амплитуды K_a и формы $K_ф$

$$K_a=U_m/U,\ K_ф=U/U_{ср\ в}.$$

Рассмотрим наиболее часто применяемые на практике схемы выпрямителей. На рис. 10 представлены схема прибора с однополупериодной схемой выпрямителя и график протекающего через микроамперметр PA1 выпрямленного тока $i_и$. Полупроводниковый диод VD1 пропускает через микроамперметр лишь

Таблица 4. **Основные параметры проводов, выполненных из сплавов высокого**

Диаметр, мм	Сечение, мм²	Манганин (мягкий)			Кон
		Сопротивление 1 м, Ом	Длина на 1 Ом, м	Нагрузка (ЧА/мм²), А	Сопротивление 1 м, Ом
0,03	0,00071	606	0,00165	0,0028	690
0,04	0,00126	342	0,00293	0,005	389
0,045	0,00159	271	0,0037	0,0064	308
0,05	0,00196	220	0,00456	0,0078	250
0,06	0,00283	152	0,00658	0,011	173
0,07	0,00385	112	0,00895	0,015	127
0,08	0,00503	85,4	0,0117	0,02	97,4
0,09	0,00636	67,6	0,0148	0,025	77
0,1	0,00785	54,8	0,0183	0,031	64,2
0,11	0,0095	45,3	0,0221	0,038	51,6
0,12	0,0113	38,1	0,0263	0,045	43,4
0,13	0,0133	32,4	0,0309	0,053	36,9
0,14	0,0154	27,9	0,0358	0,062	31,8
0,15	0,0177	24,3	0,0412	0,071	27,7
0,16	0,0201	21,4	0,0467	0,080	24,4
0,18	0,0255	16,9	0,0593	0,1	19,2
0,2	0,0314	17,7	0,073	0,13	15,6
0,3	0,0707	6,06	0,164	0,28	6,93
0,4	0,126	3,42	0,293	0,5	3,89
0,5	0,196	2,2	0,456	0,78	2,5
0,6	0,283	1,52	0,658	1,1	1,73
0,7	0,385	1,12	0,895	1,5	1,27
0,8	0,503	0,854	1,17	2	0,974
0,9	0,636	0,675	1,48	2,5	0,77
1	0,785	0,548	1,83	3,1	0,624
1,5	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—
2,5	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—

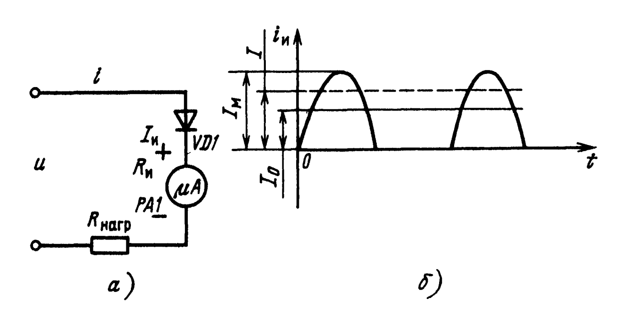


Рис. 10. Схема однополупериодного выпрямителя (а) и график тока, протекающего через микроамперметр (б)

сопротивления

Сплав					
стантан (твердый)		Никелин		Нихром (Х20Н80)	
Длина на 1 Ом, м	Нагрузка (ЧА/мм²), А	Сопротивление 1 м, Ом	Максимальный ток, А	Сопротивление 1 м, Ом	Максимальный ток, А
0,00145	0,0035	—	—	1500	—
0,00257	0,0063	—	—	844	—
0,00324	0,008	—	—	—	—
0,004	0,0098	214	0,0078	535	0,0098
0,00578	0,014	—	—	379	—
0,00782	0,019	—	—	278	—
0,0103	0,025	—	—	213	—
0,013	0,032	—	—	168	—
0,016	0,039	53,5	0,031	127	0,039
0,0194	0,048	—	—	—	—
0,0231	0,056	—	—	94,7	—
0,0272	0,067	—	—	—	—
0,0314	0,077	—	—	—	—
0,0361	0,089	—	—	60,5	—
0,041	0,11	—	—	—	—
0,052	0,13	—	—	—	—
0,0641	0,16	13,8	0,13	31,9	0,16
0,144	0,35	5,95	0,28	14,2	0,35
0,257	0,63	3,34	0,5	7,95	0,63
0,4	0,98	2,14	0,78	5,1	0,98
0,578	1,4	1,485	1,1	3,54	1,4
0,786	1,9	1,09	1,5	2,6	1,9
1,03	2,5	0,836	2	1,99	2,5
1,3	3,2	0,66	2,5	1,57	3,2
1,6	3,9	0,535	3,1	1,27	3,9
—	—	0,238	7,1	0.565	8,9
—	—	0,134	12	0,319	16
—	—	0,0855	19	0,204	25
—	—	0,0595	28	0,142	35

положительную полуволну измеряемого переменного тока. При частоте более 20 Гц прибор будет показывать среднее значение измеряемого тока I_0.

Достоинством однополупериодного выпрямления является то, что большая часть входного напряжения падает на диоде VD1. Уже при сравнительно малом входном напряжении он работает в режиме линейного детектирования и шкала прибора получается в большей своей части линейной. Но чувствительность такого амперметра низкая. При измерении синусоидального тока с действующим значением I средневыпрямленное значение тока, отклоняющее стрелку микроамперметра, $I_0 \approx 0,45I$; поэтому при токе полного отклонения микроамперметра $I_и$ предельное действующее значение $I_{изм}$ измеряемого однополупериодной схемой выпрямления переменного тока

$$I_{изм} \approx I_и/0,45 = 2,22\, I_и.$$

Наиболее широкое распространение в комбинированных приборах получил двухполупериодный выпрямитель (рис. 11). Здесь микроамперметр PA1 включен в диагональ электрического моста, образованного диодами VD1 и VD2 и резисто-

Таблица 5. **Параметры резисторов, применяемых в качестве добавочных сопротивлений и шунтов в комбинированных приборах**

Тип	Номинальная мощность, Вт	Диапазон номинальных сопротивлений	Отклонение сопротивления от номинального, %	Стабильность, %	Температурный коэффициент сопротивления, 10^{-6}/°С	Диапазон рабочих температур, °С
МЛТ,	0,125	8,2 Ом...3 МОм	2...10	2...10	1200	—60... +125
ОМЛТ	0,25	8,2 Ом...5,1 МОм				
	0,5	1 Ом...5,1 МОм				
	1	1 Ом...10 МОм				
	2	1 Ом...10 МОм				
С2-29В	0,062	10 Ом...511 кОм	0,05...1	0,05...1	25...300	—60... +155
С2-29Т	0,125	1 Ом...1 МОм				
	0,25	1 Ом...2,2 МОм				
	0,5	1 Ом...3 МОм				
	1	1 Ом...8,5 Ом				
	2	1 Ом...20 МОм				
С5-5,	1	1 Ом...13 кОм	0,05...5	0,05...5	50...150	+60... +155
С5-5В	2	2 Ом...30 кОм				
	5	5,1 Ом...75 кОм				
	8	10 Ом...100 кОм				
	10	10 Ом...180 кОм				
С5-25В,	0,25	1 Ом...5,6 кОм	0,1...5	0,1...5	10...35	—60... +125
С5-25В1	0,5	2 Ом...10 кОм				
	1	5,1 Ом...30 кОм				
С5-27	0,05	5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 кОм	0,01	0,01	5...20	—40... +70
С5-53В	0,125	51,1 Ом...330 кОм	0,05...0,2	0,05...0,2	10...50	—60... +125
	0,25	51,1 Ом...1 МОм				
	0,5	100 Ом...1 МОм				
	1	100 Ом...1 МОм				
	2	100 Ом...1 МОм				
С5-54В	0,125	100 Ом...333 кОм	0,01... 0,05	0,01... 0,05	10...50	—60... +125
	0,25	100 Ом...1 МОм				
	0,5	100 Ом...1 МОм				
	1	100 Ом...1 МОм				
	2	100 Ом...1 МОм				
ПТМН	0,5	1 Ом...300 кОм	0,025...1	0,25...1	100...150	—60... +125
	1	1 Ом...1 МОм				

рами R1 и R2. Одну половину периода ток проходит через диод VD1, далее по параллельным ветвям: микроамперметр PA1, резисторы R2 и R1, а другую — через диод VD2 и по параллельным ветвям: микроамперметр PA1, резисторы R1 и R2. Через микроамперметр ток течет в оба полупериода в одном направлении. При работе

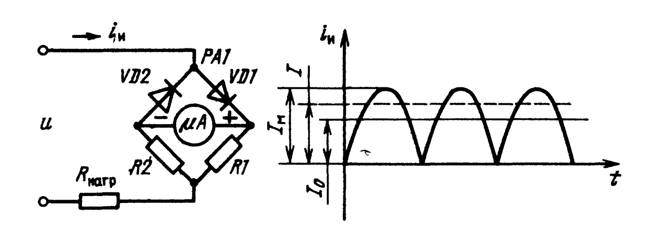


Рис. 11. Схема двухполупериодного выпрямителя (а) и график тока, протекающего через микроамперметр тока (б)

в режиме линейного детектирования постоянная составляющая I_0 выпрямленного тока равна $I_0 \approx 0{,}9I$, а предельное действующее значение измеряемого синусоидального тока

$$I_{изм} \approx I_и/0{,}9 = 1{,}11\ I_и.$$

Резисторы R1 и R2 выбирают исходя из условия

$$R1 = R2 = R_{пр}/\sqrt{2},$$

где $R_{пр}$ — прямое сопротивление диода.

Шкалы комбинированных приборов при измерении переменного тока или напряжения градуируют в действующих значениях синусоидального сигнала с коэффициентом формы

$$K_ф = I/I_0 \approx I/I_и = 1{,}11.$$

Основные параметры диодов, применяемых в комбинированных приборах, представлены в табл. 6.

Для измерения сопротивления постоянному току в комбинированных приборах применяют последовательные и параллельные магнитоэлектрические омметры.

Схема последовательного омметра изображена на рис. 12. Этот прибор используют для измерений сопротивлений более 10 Ом. Прибор состоит из последовательно включенных микроамперметра PA1 с внутренним сопротивлением $R_и$, добавочного резистора, состоящего из постоянной части R2 и переменной R1, источника постоянного тока G1 напряжением U_{G1} и измеряемого резистора R_x. Сопротивление резисторов R1, R2 выбирают по формуле $R1+R2 = U_{G1max}/I_и$, чтобы обеспечить при замыкании входных зажимов ($R_x=0$) и максимальном значении напряжения U_{G1max} источника протекания через микроамперметр PA1 тока полного отклонения.

В общем случае ток, протекающий через микроамперметр, будет равен

$$I = \frac{U}{R_x + R1 + R2 + R_и},$$

при $R_x = 0$ $I = \dfrac{U}{R1 + R2 + R_и}$; при $R_x = \infty$ $I = 0$.

Значение тока, а следовательно, и угол отклонения стрелки прибора зависят от R_x. Чем больше R_x, тем меньше отклонение стрелки. Таким образом,

Таблица 6. **Основные параметры диодов**

Тип	Средний прямой ток $I_{пр\ ср}$, мА	Повторяющееся импульсное обратное напряжение $U_{обр\ и\ п}$, В	Постоянный обратный ток $I_{обр}$, мкА	Общая емкость диода $C_д$, пФ	Рабочая частота $f_р$, МГц
Д2Б	5	30	100	<1	150
Д2В	9	40	250	<1	150
Д2Г	2	75	250	<1	150
Д2Д	4,5	75	250	<1	150
Д2Е	4,5	100	250	<1	150
Д2Ж	2	150	250	<1	150
Д2И	2	100	250	<1	150
Д9Б	90	10	250	1...2	40
Д9В	10	30	250	1...2	40
Д9Г	30	30	250	1...2	40
Д9Д	60	30	250	1...2	40
Д9Е	30	50	250	1...2	40
Д9Ж	10	100	250	1...2	40
Д9И	30	30	120	1...2	40
Д9К	60	30	60	1...2	40
Д9Л	30	100	250	1...2	40
Д101	30	100	10	<0,5	200
Д101А	30	100	10	<0,5	200
Д102	30	75	10	<0,5	200
Д102А	30	75	10	<0,5	200
Д103	30	30	30	<0,5	200
Д103	30	30	30	<0,5	200
Д103А	30	30	30	<0,5	200
Д104	30	100	10	<0,6	600
Д104А	30	100	10	<0,6	600
Д105	30	75	10	<0,6	600
Д105А	30	75	10	<0,6	600
Д106	30	30	30	<0,6	600
Д106А	30	30	30	<0,6	600
Д219А	50	70	1	15	—
Д220	50	50	1	15	—
Д220А	50	70	1	15	—
Д220Б	50	100	1	15	—
Д223	50	50	1	—	20
Д223А	50	100	1	—	20
Д223Б	50	150	1	—	20
КД521А	50	100	1	4	—
КД521Б	50	75	1	4	—
КД521В	50	75	1	4	—
КД521Г	50	40	1	4	—

Примечание Импульсный прямой ток $I_{пр\ и}$ диодов Д219А, Д220(А, Б), Д521А-Г составляет 0,5 А Время обратного восстановления $t_{вос\ обр}$ диодов Д219А, Д220(А, Б), Д521А Г составляет 0,5 мкс, диодов КД521А-Г — 0,004 мкс

омметр, выполненный по последовательной схеме, имеет обратную шкалу, т. е. нулевому сопротивлению измеряемого резистора соответствует крайняя правая отметка шкалы. В качестве источника тока в омметре обычно используют сухие гальванические элементы, реже аккумуляторы. Уменьшение ЭДС источника питания приводит к изменению показаний прибора, поэтому и предусмотрен ре-

гулировочный резистор R1. Перед измерением омметр калибруют: замыкают входные зажимы и резистором R1 устанавливают стрелку на нулевую отметку. Поскольку зависимость тока, протекающего через микроамперметр, от измеряемого сопротивления нелинейна, то шкала прибора, отградуированная в омах, также нелинейна.

Для измерения малого сопротивления (десятки ом и менее) используют параллельный омметр (рис. 13). Он содержит те же элементы, что и последовательный, а отличие состоит в том, что измеряемое сопротивление R_x подключают параллельно микроамперметру PA1. Омметр калибруют при разомкнутых входных зажимах, при этом весь ток протекает через микроамперметр и угол отклонения его стрелки оказывается максимальным. При подключении сопротивления R_x часть тока ответвляется в параллельную цепь: ток, протекающий через микроамперметр, уменьшается, уменьшается и угол отклонения стрелки. Таким образом, шкала параллельного омметра прямая. Ток через микроамперметр выражен соотношением

$$I=\frac{U}{[(R1+R2)R_и]/R_x+R1+R2+R_и},$$

из которого видно, что шкала нелинейна.

Для измерения емкости в комбинированные приборы встраивают последовательный или параллельный измеритель (микрофарадометр).

Схема параллельного измерителя емкости показана на рис. 14. Устройство содержит: источник переменного напряжения (на схеме не показан), он подключен к выводам 1, 2 частотой f=50 Гц, конденсатор C1, миллиамперметр переменного тока, состоящий из микроамперметра PA1, диодов VD1 и VD2, резисторов R1—R4 и конденсатора C2. Измеряемую емкость C_x подключают параллельно миллиамперметру переменного тока к измерительным зажимам.

Микрофарадометр настраивают при отключенной емкости C_x, при этом миллиамперметр переменного тока измеряет ток I_{C1}, протекающий через конденсатор C1. Резистором R4 устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на конечную отметку шкалы, что соответствует нулевой отметке микрофарадометра.

При подключении к измерительным зажимам емкости C_x миллиамперметр переменного тока шунтируется этой емкостью и часть тока I_{C1} будет протекать через емкость C_x. Чем больше значение измеряемой емкости, тем меньше ее сопротивление переменному току: $X_C=1/\omega C_x=1/2\pi b C_x$, а следовательно, тем большая часть тока I_{C1} протекает через емкость C_x и меньшая через миллиамперметр переменного тока. Шкала этого микрофарадометра обратная и нелинейная. Его применяют для измерения сравнительно большой емкости — до единиц микрофарад.

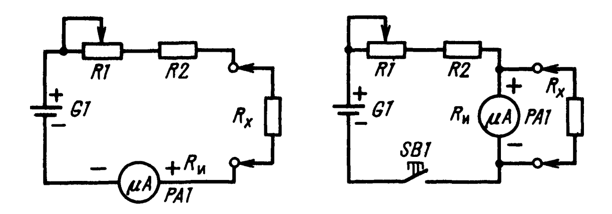


Рис. 12. Схема последовательного омметра

Рис. 13. Схема параллельного омметра

Для измерения малой емкости — до десятков тысяч пикофарад — используют последовательный измеритель (рис. 15), содержащий те же элементы, но измеряемую емкость здесь подключают последовательно между источником переменного напряжения и конденсатором С1, т. е. измеряемая емкость играет роль добавочного реактивного сопротивления.

Настраивают этот микрофарадометр резистором R4 при замкнутых измерительных зажимах. Вращая ручку этого резистора, стрелку микроамперметра PA1 устанавливают на конечное деление шкалы, что соответствует отметке «∞» микрофарадометра. Включение измеряемой емкости C_x уменьшает показания миллиамперметра переменного тока, причем чем меньше значение этой емкости, тем больше ее сопротивление переменному току и тем меньше показания миллиамперметра переменного тока. Шкала такого микрофарадометра прямая и нелинейная.

В комбинированных приборах П4311, Ц4315, Ц4324, Ц4325, Ц4326, Ц4340 и других предусмотрена защита измерительного механизма от электрических перегрузок (превышение значения тока полного отклонения). Ее выполняют два кремниевых диода, включенных параллельно микроамперметру и друг другу, причем диоды включены во встречном направлении. При номинальном падении напряжения на сопротивлении микроамперметра (менее 0,1 В) сопротивление диодов, в том числе и включенного в прямом направлении, равно нескольким мегаом, поэтому они не влияют на показания прибора. Когда же в результате аварийного повышения измеряемого напряжения падение напряжения на микроамперметре превысит 0,6 В, то откроется один из диодов и зашунтирует обмотку рамки, предохраняя микроамперметр от выхода из строя.

Комбинированные приборы имеют, как правило, пластмассовый корпус, состоящий из двух частей: основания и крышки, на которой размещены микроамперметр, органы управления (рис. 3) и гнезда для подключения прибора к измеряемому объекту. На лицевой панели обычно указаны пределы измерения и виды измеряемых величин. На основании с тыльной стороны (снизу) помещают табличку-инструкцию. Здесь указывают особенности работы с прибором, основные технические характеристики и другую информацию.

Приборы имеют два переключателя: пределов измерения — галетный на 24 положения или кнопочный (клавишный) и рода работы — кнопочный на 3 положения.

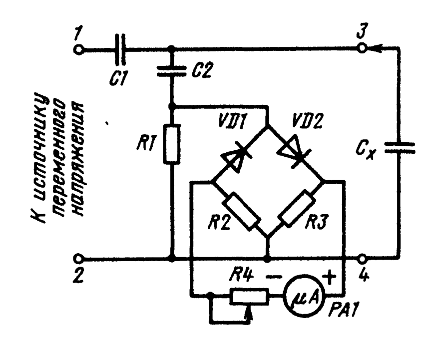


Рис. 14. Схема параллельного измерителя емкости

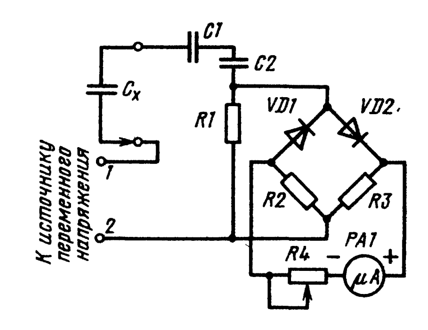


Рис. 15. Схема последовательного измерителя емкости

Измерительный механизм комбинированных приборов заключен в отдельный корпус.

3. ИЗМЕРЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫМИ ПРИБОРАМИ

Меры безопасности.

1. При измерении прибором в цепях с напряжением выше 30 В необходимо выполнять все требования общих правил мер безопасности. Измерения проводят с помощью щупов, входящих в комплект прибора. Измерения со щупом необходимо проводить одной рукой, вторая рука должна оставаться свободной во избежание прохождения электрического тока через организм человека.

2 Измерения в цепях с напряжением выше 200..300 В должны проводиться в присутствии других лиц

3. Измерение сопротивлений можно проводить лишь в обесточенных электрических цепях.

4. При измерении емкости источником питания служит сеть переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 190...245 В, поэтому следует вначале собрать схему измерения, а затем подключиться к источнику питания.

5 При измерении тока или напряжения не рекомендуется изменять предел измерения при подключенном к объекту приборе во избежание подгорания контактов переключателя пределов измерения.

6. Необходимо пользоваться только исправными проводниками, входящими в комплект прибора

Порядок измерения. Для получения достоверных и точных результатов измерений и предупреждения повреждения прибора при работе необходимо придерживаться следующих правил.

1 Установить прибор в горизонтальное положение.

2 При необходимости стрелку прибора с помощью механического корректора установить на начальную отметку шкалы.

3 У приборов, имеющих защитный автомат, проверить его работоспособность по техническому описанию.

4. Переключатель рода работ установить в положение, соответствующее виду измерения и роду тока, т. е. в одно из положений «—», «~», «r_x», «C_x».

5. Переключатель пределов измерений установить в положение, соответствующее ожидаемому значению измеряемой величины; если оно неизвестно, то переключатель установить в положение максимального предела измерения.

6. Подключить соединительные проводники к соответствующим зажимам прибора Зажим, помеченный знаком «*», является общим зажимом прибора.

7. При использовании омметра или фарадометра прибор необходимо настраивать каждый раз на выбранном пределе измерения. Параллельный омметр: при разомкнутых проводниках ручкой «Уст.0» установить стрелку прибора на отметку «∞» соответствующей шкалы, затем замкнуть свободные концы проводников и проконтролировать установку стрелки на отметку «0» этой же шкалы, что говорит об исправности омметра и целостности проводников. Последовательный омметр: замкнуть щупы проводников и ручкой «Уст.0» установить стрелку прибора на отметку «0» соответствующей шкалы.

При измерении больших значений сопротивления (с использованием внешнего источника) или емкости собрать установку по изображенной схеме, в таблице — инструкции на тыльной стороне прибора.

8. Подключить прибор к измеряемой цепи (объекту) с помощью соединительных проводников. При измерении постоянного тока и напряжения общий зажим («*») подключают к отрицательному полюсу объекта. При измерении переменного напряжения и токов общий зажим подключают к точке с наименьшим потенциалом или к корпусу объекта.

9. Подобрать предел измерения (для тока и напряжения, начиная с большего) таким образом, чтобы стрелка прибора по возможности находилась в последней трети шкалы. При измерении сопротивления и емкости оптимальное положение стрелки — посредине шкалы.

10. Снять отсчет по соответствующей шкале и отключить проводники от измеряемой цепи (объекта).

11. Вычислить значение измеряемой величины X и погрешности измерения ΔX по формулам:

для постоянного и переменного тока и напряжения (рис. 16)

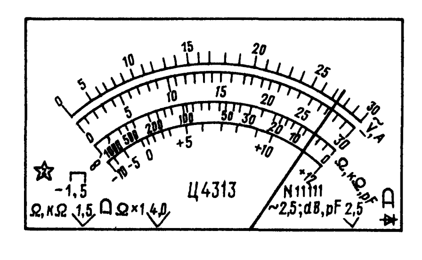
$$X = \frac{X_N}{N} a, \quad \Delta X = \frac{\gamma X_N}{100},$$

где X_N — значение выбранного предела измерений (положение переключателя предела измерений), N — число всех делений шкалы прибора по последней цифре, a — показания прибора в делениях (число делений), γ — класс точности на шкале прибора, определяемый по обозначениям на шкале в зависимости от рода тока или вида измеряемой величины;

для сопротивления и емкости (рис. 17)

$$X = X_0 M, \quad \Delta X = \frac{\overset{\gamma_{кт}}{V}}{1 \cdot 100} C,$$

где X_0 — отсчет по шкале прибора, M — множитель (положение переключателя предела измерений), γ — класс точности, L — длина рабочей части шкалы,



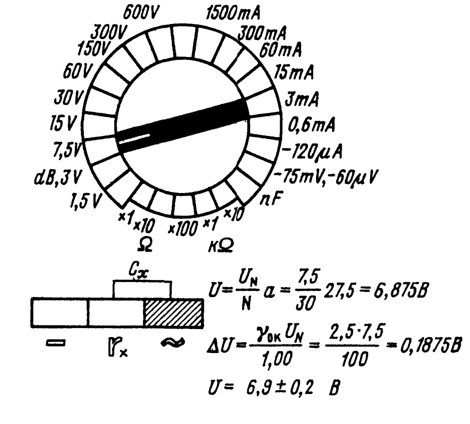


Рис. 16. Пример измерения переменного напряжения

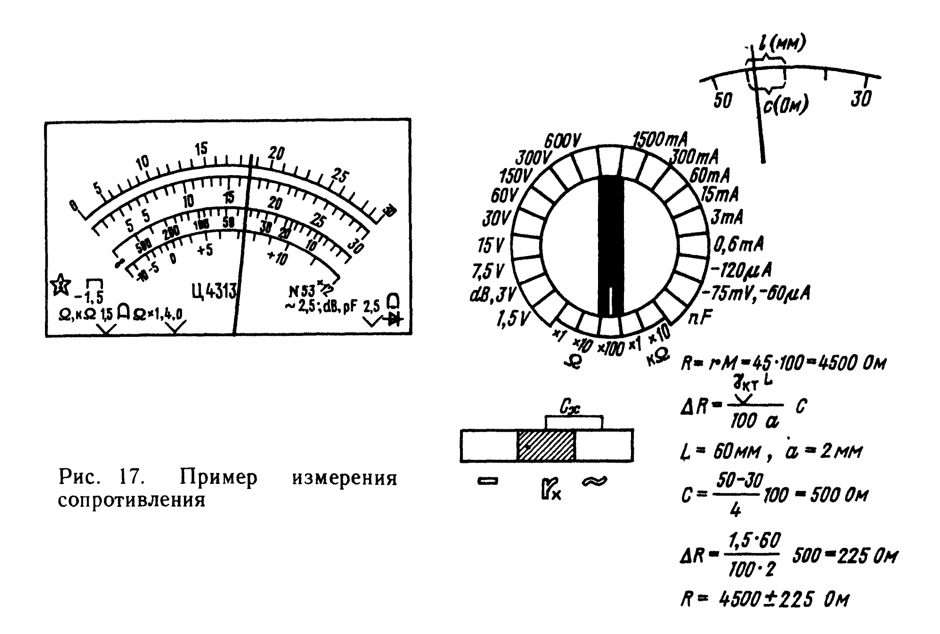


Рис. 17. Пример измерения сопротивления

мм, l — длина шкалы между двумя соседними делениями, где остановилась стрелка прибора, мм, C — цена вышеупомянутого участка шкалы в единицах измеряемой величины с учетом множителя. Значение L берут из паспорта на прибор, значение l измеряют с помощью линейки.

Результат измерения записывают по формуле $A = X + \Delta X$. Числовое значение измеряемой величины X должно оканчиваться цифрой (после запятой) того же разряда, что и значение погрешности ΔX.

12. Привести прибор в исходное состояние, для чего отключить соединительные провода от зажимов прибора, переключатель пределов измерения установить в положение максимального предела по напряжению, переключатель рода тока установить в положение «~». Это предохранит прибор от повреждения при последующих включениях, даже если они будут выполнены неправильно.

Особенности измерения постоянного напряжения. При измерении напряжения комбинированный прибор включают параллельно исследуемому участку электрической цепи. Это приводит к изменению общего сопротивления цепи и перераспределению напряжения между ее элементами, что, естественно, вносит погрешность в показания прибора. Здесь следует рассмотреть два основных случая. Первый — когда элементы электрической цепи линейные, т. е. значение их сопротивления не зависит от приложенного напряжения. Тогда достаточно иметь $R_{вх}/R_ц \geqslant 50...100$, где $R_{вх}$ — входное сопротивление вольтметра, $R_ц$ — эквивалентное сопротивление цепи относительно точек подключения вольтметра, чтобы не учитывать влияние входного сопротивления вольтметра (комбинированного прибора) на результат измерения.

Следовательно, кроме сопротивления входной цепи комбинированного прибора $R_{вх}$ необходимо знать сопротивление цепи $R_ц$, что не всегда возможно. В этом случае применяют метод двух отсчетов [3], суть которого состоит в том, что

напряжение на исследуемом участке цепи измеряют два раза на различных пределах измерений U_{N1}, U_{N2} с соответствующими входными сопротивлениями $R_{вх1}$, $R_{вх2}$ и получают два измеренных значения U_1, U_2, тогда действительное измеряемое значение U находят по формуле

$$U=U_2\frac{R_{вх2}-R_{вх1}}{R_{вх2}-R_{вх1}U_2/U_1}$$

при условии $R_{вх2}>R_{вх1}$.

Если $R_{вх2}/R_{вх1}=N$, то $U=U_2\frac{N-1}{N-U_2/U_1}$.

Например, измерение провели комбинированным прибором Ц4312 на резисторе R2 (рис. 18) на пределах 15 и 30 В с входным сопротивлением 10 и 20 кОм соответственно и получили значения 7,5 и 10 В. Тогда действительное падение напряжения U_{R2} на резисторе R2

$$U_{R2}=U_2\frac{N-1}{N-U_2/U_1}=10\frac{2-1}{2-10/1.5}=15\ \text{В},$$

что нетрудно проверить:

$$U_{R2}=\frac{U}{R1+R2}R2=\frac{30}{20+20}20=15\ \text{В}.$$

Если входное сопротивление прибора неизвестно, его можно определить следующим образом. Напряжение на выходных зажимах стабилизированного источника постоянного тока измеряют непосредственно (U_1) и, не изменяя предела измерения, через резистор R с известным сопротивлением (U_2). После чего по полученным показаниям U_1, U_2 и значению R вычисляют входное сопротивление прибора (вольтметра)

$$R_{вх}=R\frac{U_2}{U_1-U_2}.$$

Второй случай измерения напряжения относится к цепям, содержащим нелинейные элементы (полупроводниковые, электровакуумные и др.). Сопротивление нелинейного элемента зависит от приложенного к нему напряжения. Включение прибора (вольтметра) с относительно малым входным сопротивлением может привести к нарушению режима работы всей цепи (срыв генерации, релейный эффект), и само измерение потеряет смысл.

Поэтому необходимо выбирать прибор для измерения напряжения с возможно бо́льшим входным сопротивлением или проводить измерение не на оптимальном пределе измерения, а на более высоком. Так, в рассмотренном ранее примере (рис. 18) для предела измерения $U_{N1}=15$ В показания прибора были $U_1=7{,}5$ В ($R_{вх1}=10$ КОм), снижение показаний ΔU_1 за счет входного сопротивления составило 7,5 В, погрешность измерения $\Delta U_1'=\gamma U_{N1}/100=0{,}15$ В

для $U_{N2}=30$ В; $U_2=10$ В; $\Delta U_2=5$ В; $\Delta U_2'=0{,}3$ В;
для $U_{N3}=60$ В; $U_3=11$ В; $\Delta U_3=4$ В; $\Delta U_3'=0{,}6$ В;
для $U_{N4}=150$ В; $U_4=15$ В; $\Delta U_4=0$; $\Delta U_4'=1{,}5$ В.

Вольтметр (комбинированный прибор) часто применяют для косвенного измерения тока. В этом случае измеряют падение напряжения U на резисторе R,

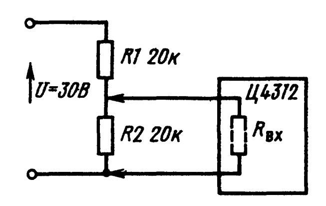


Рис. 18. Измерение напряжения

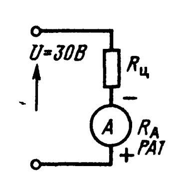


Рис. 19. Измерение тока

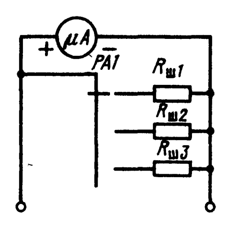


Рис. 20. Многопредельный амперметр с переключаемыми шунтами

сопротивление которого известно. Значение тока I через резистор R определяется по закону Ома: $I=U/R$. Для получения более точного результата необходимо выполнить условие $R_{вх} \gg R$.

Особенности измерения постоянного тока. При измерении тока комбинированный прибор включают последовательно в исследуемую цепь, что приводит к возрастанию общего сопротивления цепи и уменьшению протекающего в ней тока (рис. 19).

По двум измерениям I_1, I_2 на соседних пределах I_{N1}, I_{N2} соответственно с внутренними сопротивлениями R_{A1}, R_{A2} действительное значение измеряемого тока I определяют из выражения

$$I=I_2\frac{R_{A1}-R_{A2}}{R_{A1}-R_{A2}I_2/I_1}$$

при условии $R_{A1}>R_{A2}$.

Значения внутреннего сопротивления R_{A1}, R_{A2} на соответствующих пределах измерений вычисляют исходя из приведенных значений падений напряжений $U_{п1}$, $U_{п2}$ в паспорте на конкретный прибор по формуле $R_A=U_п/I_N$.

В комбинированных приборах с переключаемыми шунтами (рис. 20) на всех пределах измерений максимальное падение напряжения на приборе одинаково и равно напряжению полного отклонения микроамперметра.

Переключать пределы измерения в приборе с переключаемым шунтом можно только после отключения прибора во избежание его перегрузки в тот момент, когда отключены все шунты.

В комбинированных приборах с универсальным шунтом (рис. 5) падение напряжения на приборе равно напряжению полного отклонения лишь на пределе I_1 На других пределах оно возрастает до значения, равного сумме падений напряжения на микроамперметре и на шунтах, используемых в измерительной цепи.

Комбинированные приборы, имеющие предел измерения 75 мВ, можно использовать для измерения постоянного тока, большего по значению, чем предельное значение прибора, если имеется соответствующий наружный комбинированный шунт При этом комбинированный прибор используют как милливольтметр на 75 мВ и подключают к потенциальным зажимам наружного шунта (рис. 21), тогда предел измерения прибора будет равен номинальному току шунта.

Особенности измерения переменного тока и напряжения. Применение выпрямителей на полупроводниковых диодах в комбинированных приборах ведет к понижению чувствительности прибора, уменьшению входного сопротивления вольт-

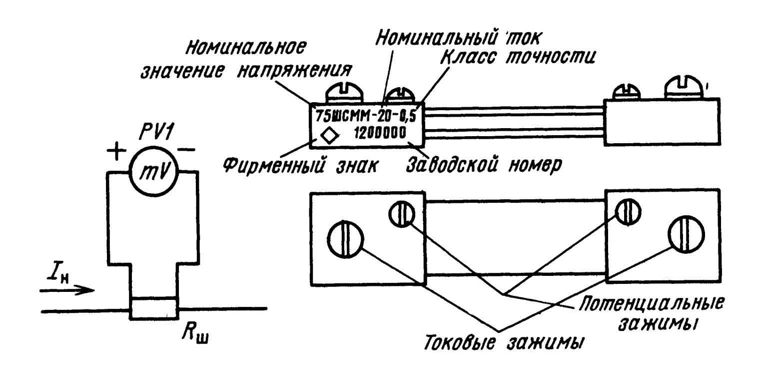


Рис. 21. Наружный шунт измерителя постоянного тока

метра и увеличению падения напряжения на амперметре. Частотный диапазон комбинированного прибора определяется частотными свойствами полупроводниковых диодов и емкостью монтажа и лежит в пределах 45 Гц...20 кГц.

Различают номинальную и расширенную частотные области. Изменение показаний прибора, вызванное изменением частоты от границы в номинальной области до любого значения в смежной части расширенной области при измерении переменного тока и напряжения, не превышает допускаемого значения основной погрешности. Приведенные приемы по учету влияния входного сопротивления на результаты измерений постоянного тока и напряжения справедливы и для переменного тока и напряжения, но при условии, что сопротивление $R_ц$ является активным (без емкости и индуктивности).

В проводной связи и радиотехнике для оценки эффективности передачи сигналов по линиям связи через усилительные и согласующие устройства пользуются понятием уровня передачи (усиления, ослабления) сигнала. Этот параметр определяет значение напряжения сигнала в относительных логарифмических единицах — децибелах, посредством которых напряжение U_x или мощность P_x измеряемого сигнала сравнивается с некоторым исходным значением. Если в качестве исходных величин выбраны напряжение $U_0=0{,}775$ В или мощность $P_0=1$ мВт (на сопротивление нагрузки $R_0=600$ Ом при напряжении на нем $U_0=0{,}775$ В), то соответствующие уровни называют абсолютными. Абсолютный уровень переменного напряжения, выраженный в децибелах, определяют по формуле

$$N_U^0=20\lg\frac{U_x}{U_0}=20\lg\frac{U_x}{0{,}775},$$

где U_x — измеряемое значение напряжения, В.

Шкала децибел неравномерная, нулевая отметка шкалы совпадает с точкой шкалы комбинированного прибора $U_0=0{,}775$ В предела измерения. При измерении на пределе «dB» отсчет производится непосредственно по шкале «dB». При переходе на другие пределы измерения переменного напряжения показания прибора по шкале «dB» необходимо увеличить на соответствующие значения, указанные в пересчетных таблицах, которые приводятся в описаниях на комбинированные приборы.

Если уровень передачи по напряжению N_U^0 измеряют на нагрузке с известным сопротивлением R, то можно рассчитать абсолютный уровень передачи по мощности

$$N_P^0 = N_U^0 - 10 \lg (R/600)$$

при условии $R_{вх} \gg R$, где $R_{вх}$ — входное сопротивление прибора. В частном случае при $R = 600$ Ом $N_P^0 = N_U^0$.

Для определения относительного уровня передачи устройства (усилителя, делителя и др.) измеряют абсолютное значение уровня на его входе $N_{вх}^0$ и выходе $N_{вых}^0$, тогда

$$N_U = N_{U\,вых}^0 - N_{U\,вх}^0; \; N_P = N_{P\,вых}^0 - N_{P\,вх}^0.$$

Особенности измерения сопротивления. При измерении сопротивления резисторов или определении качества электрорадиоэлементов непосредственно в местах их установки (на плате устройства) необходимо предварительно убедиться, что источники питания отключены, высоковольтные конденсаторы разряжены, а параллельно проверяемому элементу не присоединены другие элементы, могущие оказывать влияние на результат измерения.

Встроенный омметр комбинированных приборов является источником тока, что необходимо учитывать при работе с микромощными элементами. Значения тока, потребляемого от источника на различных пределах измерения, указаны в соответствующих таблицах.

Время установки омметра «на нуль» и измерения сопротивления должно быть по возможности малым, что продлит срок службы встроенного источника питания.

Особенности измерения емкости. При измерении емкости комбинированным прибором необходимо соблюдать меры предосторожности, так как источником его питания служит сеть переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 190...245 В.

Напряжение, приложенное к конденсатору при любом его испытании, не должно превышать его допустимого рабочего напряжения. Если конденсатор заряжается до значительного напряжения, то необходимо его разрядить через резистор сопротивлением несколько килоом.

Емкость оксидных (электролитических) конденсаторов измерять запрещается.

4. РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

В процессе эксплуатации комбинированного прибора могут возникнуть различные неисправности, обусловленные как износом и старением его элементов, так и неправильными действиями оператора.

Возможны следующие неисправности:

потеря проводимости добавочных резисторов;

потеря проводимости переменного резистора «Уст. 0»;

нарушение контактов в местах соединений элементов;

обгорание или деформация контактов переключателей;

обрывы в цепи универсального шунта;

потеря проводимости подгоночных резисторов;

обрыв или замыкание диодов выпрямителя;

обрыв растяжек или обмотки рамки измерительного механизма.

Не спешите вскрывать прибор. Сначала необходимо установить возможную причину неисправности, для чего следует попытаться измерить величины на всех пределах измерения, зная измеряемые значения или контролируя каждое из них другим прибором. Затем, воспользовавшись данными табл. 7 типовых неисправностей комбинированных приборов и их причин, принципиальной электрической схемой и картой электрических цепей для конкретного прибора, определить предполагаемые неисправные элементы или участок цепи исходя из конкретной ситуации.

На карте электрических цепей знаком «×» обозначены элементы, непосредственно входящие в цепь измерения, знаком «+» обозначены элементы, шунтирующие измерительную цепь меньшим *малым* суммарным сопротивлением, знаком «○» — элементы, шунтирующие измерительную цепь бóльшим суммарным сопротивлением.

С помощью карты электрических цепей (см. Справочные сведения) можно определить, какие элементы и в какой степени использованы на том или ином пределе измерения, а следовательно, и предполагаемые неисправные элементы прибора как непосредственно при «прозвонке» элементов, так и при анализе ситуации.

Например, при измерении прибором Ц4315 постоянного напряжения показания оказались завышенными на всех пределах, следовательно, можно предположить, что есть обрыв в шунтирующей цепи, элементах, обозначенных знаком «○» — резисторах R1—R10, R28, R30 или нормально замкнутой паре контактов 10—11 переключателя SB1.3. Пусть при измерении этим же прибором постоянного тока на пределах 0,5, 1, 5 и 25 мА показания завышены; это говорит об исправности (или, по крайней мере, об отсутствии обрыва) резисторов R5—R10, R28, R30 и пары контактов 10—11 переключателя SB1.3.

Если на пределах 0,1, 0,5, 2,5 А показания отсутствуют, это значит, что измерительная цепь (элементы, обозначенные знаком «×») нарушается при переключении резистора R4 из шунтирующей цепи в измерительную. В этом случае можно утверждать однозначно, что на участке цепи резистора R4 есть обрыв, а исправность резисторов R1—R3 требуется проверить, подготовив прибор для измерения постоянного тока на пределе 0,1 А, и измерить сопротивление входной цепи омметром. При исправных резисторах показания омметра должны быть равны 2 Ом.

В приборах, в схеме измерения которых применяют микросхему, необходимо контролировать напряжения источников питания.

Для установления неисправности прибор нужно вскрыть. Вывернуть винты,

Таблица 7. **Типовые неисправности комбинированных приборов и их причины**

Измеряемая величина	Род тока	Внешнее проявление неисправности	Возможные причины
Напряжение	Постоянный, переменный	Показания на соответствующем пределе и на более высоких по отношению к нему отсутствуют	Потеря проводимости или нарушение мест соединений одного из добавочных резисторов вольтметра, контактов переключателей
Напряжение	То же	Показания приборов на всех пределах завышены	Обрыв в цепи универсального шунта, элементы обозначены на карте электрических цепей знаком «О»

Измеряемая величина	Род тока	Внешнее проявление неисправности	Возможные причины
Напряжение	Переменный	Показания прибора занижены примерно наполовину	Вышел из строя один из диодов или один из резисторов выпрямителя
Напряжение	»	Отсутствуют показания на всех пределах	Вышли из строя: оба диода или оба резистора выпрямителя или регулировочный резистор по переменному току; нарушено соединение перечисленных элементов
Ток	Постоянный, переменный	Отсутствуют показания на соответствующем пределе и на более высоких по отношению к нему	Обрыв в цепи универсального шунта, элементы обозначены на карте электрических цепей знаком «×»
Ток	То же	Завышены показания на установленном пределе измерения и на более низком по отношению к нему	Обрыв в цепи резисторов универсального шунта, отмеченных на карте электрических цепей знаком «+»
Ток	Переменный	Отсутствуют показания на всех пределах, на постоянном токе работает нормально	Вышли из строя: оба диода, оба резистора выпрямителя, регулировочный резистор по переменному току, обрыв в местах соединения перечисленных элементов
Сопротивление		При установке прибора «на нуль»:	
		стрелка не доходит до конца шкалы,	Мало напряжение источника питания
		стрелка зашкаливает вправо,	Потеря проводимости элементов, обозначенных на карте электрических цепей знаками «+» или «0»
		стрелка зашкаливает влево,	Не соответствует полярность источника питания
		стрелка не отклоняется	Отсутствует источник питания, потеря проводимости переменного резистора установки нуля или резистра в цепи источника питания
Сопротивление		Отсутствуют показания на одном из пределов измерения, на остальных прибор работает нормально	Потеря проводимости соответствующего добавочного резистора
Ток, напряжение, сопротивление	Постоянный, переменный	Прибор не работает на всех пределах	Обрыв в цепи подгоночного резистора или обрыв обмотки рамки измерительного механизма, или обрыв растяжки

Примечание В любой из перечисленных ситуаций возможен выход контактов переключателей соответствующей цепи

снять тыльную табличку, а затем, вывернув винты, крепящие крышку, отделить ее от корпуса. Изъять встроенный источник питания.

Отпаять от одного из входных лепестков измерительного механизма соответствующие элементы или проводники. При наличии защитных диодов их также следует отпаять с одной стороны. Эти меры позволят избежать повреждений измерительного механизма при «прозвонке» цепей прибора омметром, ток в измерительной цепи которого, как правило, значительно превышает ток полного отклонения измерительного механизма. Кроме того, исключается взаимное шунтирующее влияние элементов.

Пользуясь схемой расположения элементов, найти соответствующие элементы на карте электрических цепей и произвести их ориентировочные измерения омметром. Особое внимание обратить на элементы со следами перегревания (потемневшие, растрескавшиеся).

При проверке сопротивления резисторов омметр должен показывать значения, указанные в перечне к принципиальной электрической схеме прибора с учетом погрешности омметра. В случае отклонения резистор выпаять и более тщательно исследовать. Переменный резистор проверяют, подключая омметр к среднему и одному из крайних выводов и вращая ручку «Уст. 0», при этом изменение показаний омметра должно быть плавным, без срывов и скачков.

Отсутствие соединений между элементами проверяют визуально — на наличие надежной пайки и омметром. Обрыв в цепи универсального шунта иногда обнаруживают визуально по обгорелой поверхности элементов с последующей проверкой проводимости.

Переключатели должны работать четко, без больших усилий и с надежной фиксацией в каждом положении, переходное сопротивление замкнутых контактов должно быть равно нулю.

Об исправности диодов выпрямителя (кнопка «~» переключателя не нажата) судят по выполнению условия $R_{обр}/R_{пр}>10$, где $R_{обр}$ и $R_{пр}$ — показания омметра при измерении обратного и прямого сопротивлений диода ($R_{пр}=10...100$ Ом).

Обрыв растяжек легко обнаруживают при осмотре измерительного механизма. Обрыв цепи рамки определяют с помощью устройства, схема которого изображена на рис. 22. Сопротивление резистора R1 находят из выражения $R1\geqslant U/I_{и}$, где U — напряжение источника, $I_{и}$ — ток полного отклонения измерительного механизма.

Возможность свободного перемещения подвижной части измерительного механизма (отсутствие затирания) проверяют путем воздействия на стрелку прибора потока воздуха в направлении ее движения. Дунув на стрелку так, чтобы она отклонилась до конечной отметки шкалы (или упора), наблюдают за возвращением

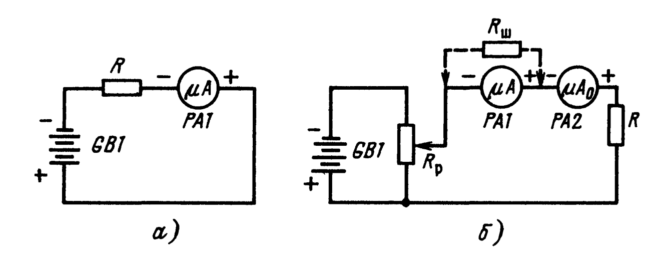


Рис. 22. Схемы устройства для проверки измерительного механизма:

а — проверка исправности, б — определение тока полного отклонения

стрелки. При наличии задеваний стрелка будет возвращаться скачками или остановится, не дойдя до нулевой отметки.

При закрытом измерительном механизме отсутствие затирания проверяют путем плавного увеличения показаний прибора до крайней отметки шкалы, а затем уменьшения их до нуля. Затирание может быть вызвано попаданием в магнитный зазор мелких посторонних предметов или стальных опилок либо зацеплением подвижных деталей измерительного механизма за неподвижные.

Неуравновешенность измерительного механизма определяют, наклоняя прибор в разные стороны на угол 5°. Если при этом стрелка прибора отклоняется от нуля более чем на значение основной погрешности по шкале постоянного тока, то это означает, что измерительный механизм уравновешен неудовлетворительно.

Все резисторы, кроме подгоночных, подбирают с точностью, указанной в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора. Перед установкой новые резисторы рекомендуется подвергнуть электрической тренировке, пропуская через них номинальный ток в течение нескольких часов. Если требуемых резисторов найти не удалось, то следует взять резисторы со значениями сопротивления, наиболее близкого к требуемому, но меньше. Затем, удалив слой краски, надфилем осторожно уменьшают толщину токопроводящего слоя и тем самым увеличивают сопротивление резисторов до требуемого значения. После подгонки токопроводящий слой покрывают лаком и тщательно просушивают. При отсутствии омметра требуемой точности или моста постоянного тока резисторы подгоняют на месте их установки, измеряя заранее известные или контролируемые значения величин (рис. 22, 23).

Неисправный универсальный шунт заменяют на исправный при его наличии, но, как правило, резисторы шунта приходится изготавливать самостоятельно. Для этой цели берут манганиновый провод соответствующего диаметра (или меньшего диаметра, но несколько проводов n) и отрезают отрезок провода, длина $l_ш$ (в метрах) которого определяется значением сопротивления резистора $R_ш$ (в омах) шунта с учетом мест пайки:

$$l_ш = \frac{R_ш}{R_0} + 0{,}008, \quad l_ш = \frac{R_ш}{R_0} n + 0{,}008,$$

где R_0 — значение сопротивления 1 м провода выбранного сечения, Ом. Если значение R_0 неизвестно, то измеряют сопротивление R имеющегося отрезка провода длиной $l_п$, тогда искомая длина

$$l'_ш = \frac{l_п R_ш}{R} + 0{,}008.$$

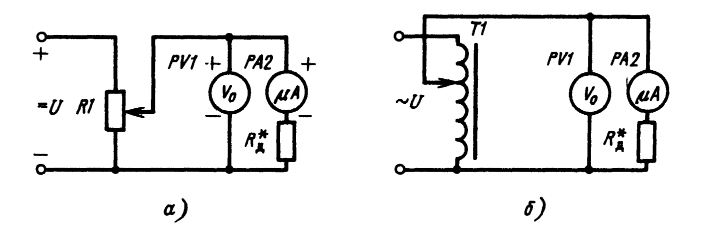


Рис. 23. Схемы устройства для подгонки комбинированных приборов по постоянному (а) и переменному (б) напряжениям

Резисторы шунта (отрезки манганинового провода) впаивают на соответствующие места и, если больше других неисправностей не обнаружено, подгоняют их значения к требуемым следующим образом. Собирают установку по схеме, изображенной на рис. 24, и, начиная с большего предела измерения, подгоняют показания ремонтируемого прибора PA1 к показаниям образцового прибора PA2 путем уменьшения сечения соответствующего шунта (на карте электрических цепей он обозначен знаком «+») надфилем по всей длине при занижении показаний ремонтируемым прибором или увеличения площади пайки в местах соединения при завышении. Измерения проводят на последней трети шкалы.

Далее переходят на следующий предел измерения и повторяют операции для следующего шунта, не трогая предыдущий. После подгонки последнего шунта результаты подгонки проверяют, начиная с большего предела, при необходимости подгонки повторяют.

Ремонт переключателя пределов измерений заключается в удалении нагара и окисла с контактов промывкой спиртом (ацетоном), при наличии оплавления зачисткой мелкой наждачной бумагой, в устранении деформации подвижного контакта.

В переключателе рода работы отсутствие надежной фиксации штока секции может быть устранено подгибанием пружины фиксатора, удалением препятствий для свободного перемещения рейки-фиксатора и заменой износившихся деталей. Для смены штока (также при чистке или смене подвижных контактов) необходимо снять нижнюю арматуру переключателя, предварительно отогнув выступы, удерживающие от горизонтального перемещения секции, отделить клавишу от штока, вынуть стопорную пластину из паза штока и снять возвратную пружину. Затем, надавив со стороны клавиши на шток, осторожно вытянуть его из секции После устранения дефекта переключатель собирают в обратном порядке. Шток устанавливают в секцию при смещенной в сторону пружине рейки-фиксатора, подвижные контакты устанавливают попарно по очереди по мере введения штока.

После замены диодов выпрямителя необходимо проверить градуировку шкал на переменном токе. Для этого подключают прибор на одном из пределов переменного тока или напряжения к источнику переменного тока частотой 50 Гц с коэффициентом искажения формы кривой не более 2 % и по образцовому прибору устанавливают в цепи проверяемого прибора значение тока или напряжения, равного выбранному пределу измерения (см. рис. 23, б).

Подгоночный резистор, предназначенный для регулировки (подгонки) в цепи переменного тока, подбирают так, чтобы при указанных условиях стрелка измерительного механизма отклонялась до конечной отметки шкалы, после чего проверяют соответствие промежуточных оцифрованных отметок шкалы переменного

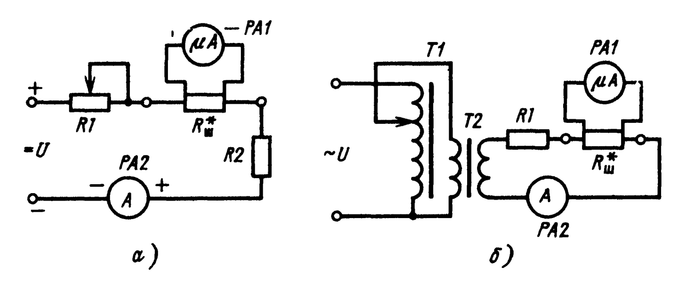


Рис. 24. Схемы устройства для подгонки комбинированных приборов по постоянному (а) и переменному (б) токам

тока При несоответствии, большем, чем на основную погрешность от значения предела измерения, шкалы переменного тока, «dB» и емкости необходимо пере градуировать

Подгоночные резисторы большинства комбинированных приборов представля ют собой катушки с намотанным на каркас манганиновым проводом Ремонт подгоночных резисторов заключается в замене обгоревшего манганинового провода на манганиновый провод нужного диаметра или несколько большего, но значение сопротивления которого должно обеспечить требуемый диапазон измерения Сопротивление резистора подгоняют изменением длины провода

Самым сложным и ответственным этапом является ремонт измерительного механизма Неуравновешенность измерительного механизма устраняют путем до бавления или уменьшения количества припоя на противовесе При искривлении стрелки перед уравновешиванием ее нужно выпрямить

Для замены растяжек прежде всего необходимо иметь соответствующие растяжки и граммомер Граммомер (он подобен обычным пружинным весам) можно изготовить самостоятельно, оттарировав его с помощью набора гирь К подвижной части граммомера надежно прикрепляют отрезок одножильного хорошо залуженного провода диаметром 0,4 0,6 мм

Измерительный механизм извлекают из корпуса и с помощью деревянных миниатюрных клиньев закрепляют рамку неподвижно и симметрично относитель но постоянного магнита с четырех сторон, не допуская деформации рамки Тщательно очищенным от окалины и хорошо залуженным паяльником с диаметром жала 1,5 2,5 мм удаляют остатки оборванных растяжек с рамки и с шайб корпуса механизма и к буксам рамки с обеих сторон припаивают новые растяжки Продернув свободные концы растяжек в отверстия соответствующих шайб (у мест пайки), подпаивают одну из них к проводнику граммомера и задают необходимое натяжение в направлении, перпендикулярном торцу рамки Не изменяя натяжения, растяжкой касаются места пайки и сгибают ее В таком положении растяжку припаивают

Далее, удалив деревянные клинья, освобождают рамку измерительного механизма и припаивают вторую растяжку способом, описанным выше Перегрев растяжек не допускается Проверяют ток полного отклонения измерительного механизма При отклонении более чем на 10 % от номинального значения растяжку перепаивают, при отклонении менее чем на 10 % показания подгоняют к номинальному значению путем дополнительного намагничивания или плавного размагничивания магнитной системы При токе полного отклонения выше номинального параллельно измерительному механизму можно подключить шунтирующий резистор Выступающие концы растяжек удаляют боковыми кусачками и помещают механизм в корпус

При обрыве в цепи рамки измерительный механизм, как правило, ремонту не подлежит и требует замены

После ремонта или замены деталей, влекущих за собой изменение пара метров прибора, о чем было сказано ранее, необходима его подгонка В зависимости от характера ремонта подгонку можно начинать с того или другого этапа, придерживаясь такой последовательности

1 Настройка и регулировка измерительного механизма

2 Подгонка суммарного сопротивления измерительного механизма и под гоночного резистора до номинального значения при температуре 20±5 °С

3 Подгонка сопротивления резисторов шунта на постоянном токе

4 Проверка совпадения отклонений стрелки до конечной отметки шкалы на всех пределах измерения постоянного тока

5. Проверка градуировки шкал переменного тока после замены диодов выпрямителя.

6 Подгонка прибора на переменном токе.

7. Проверка совпадения отклонений стрелки до конечной отметки шкалы на всех пределах измерения переменного тока.

8. Проверка показаний встроенного омметра на всех пределах.

9. Проверка фарадометра.

10. Проверка и настройка вспомогательных устройств в соответствии с техническим описанием прибора.

После устранения неисправности необходимо места паек и подгоночных поверхностей покрыть цапон-лаком, собрать прибор и проверить его по методике, описанной в гл. 1.

В радиолюбительских условиях в качестве образцового обычно выбирают более точный, заведомо исправный прибор, в том числе цифровой.

Показания поверяемого прибора с показаниями образцового (рис. 23, 24) на всех оцифрованных отметках сличают только на одном из пределов измерения постоянного тока и напряжения, переменного тока и напряжения, на остальных пределах проверяют совпадение отклонений стрелки на конечных отметках шкал.

5. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Основой электромеханических (стрелочных) комбинированных приборов является магнитоэлектрический измерительный механизм (микроамперметр), характеристики которого во многом определяют качество прибора в целом. Поэтому расчет и выбор элементов прибора начинают после выбора микроамперметра и определения его параметров: тока полного отклонения $I_и$ и внутреннего сопротивления $R_и$. Обычно значения параметров указаны на шкале прибора, в противном случае их определяют экспериментально с помощью вспомогательных измерительных приборов, например микроамперметра. Для этого собирают установку по схеме на рис. 22, б и, перемещая движок переменного резистора R1 снизу вверх (по схеме), устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на конечное значение шкалы. Вспомогательный микроамперметр PA2 покажет значение тока полного отклонения $I_и$ исследуемого микроамперметра. Для определения значения внутреннего сопротивления $R_и$ цепь исследуемого микроамперметра шунтируют резистором, сопротивление $R_ш$ которого подбирают таким образом, чтобы показание исследуемого микроамперметра I_1 уменьшилось примерно наполовину. Внутреннее сопротивление рассчитывают по формуле

$$R_и = R_ш(I_и/I_1 - 1).$$

Внутреннее сопротивление микроамперметра можно также определить, измерив напряжение $U_и$ на зажимах исследуемого микроамперметра при токе полного отклонения $I_и$, тогда $R_и = U_и/I_и$. Для этой цели годится милливольтметр с пределом измерения 100...500 мВ или комбинированный прибор с соответствующими пределами измерения.

Если имеется возможность выбора микроамперметра, то следует выбрать прибор более высокого класса точности с возможно меньшими током полного отклонения $I_и$ (не более 200 мкА) и напряжением полного отклонения $U_и$. Чем меньше ток полного отклонения микроамперметра, тем выше входное сопротивление вольтметра и шире диапазон (вверх) встроенного омметра. Меньшее напряжение полного отклонения микроамперметра соответствует меньшему внутреннему сопротивлению цепи амперметра и большей точности измерения сопротивления.

Чем выше класс точности микроамперметра, тем меньшая погрешность может быть достигнута во всех видах измерений будущим комбинированным прибором. При использовании микроамперметра с классом точности 1,0; 1,5, правильных расчетов и выборе элементов можно получить приведенную погрешность измерения тока и напряжения не хуже 2,5 % на постоянном и 4 % на переменном токе.

В процессе проектирования или выбора схемы комбинированного прибора следует учитывать потребности практической деятельности. Обычно предусматривают измерение тока от единиц микроампер до единиц ампер, напряжения от десятков милливольт до тысячи вольт и сопротивления от единиц ом до десяти мегаом. Нижние пределы измерения тока и напряжения определяют параметрами микроамперметра, верхние могут быть расширены, если необходимо, но это приведет к усложнению схемы.

Наиболее распространен комбинированный прибор, позволяющий измерять пять электрических величин: постоянные ток и напряжение, переменные ток и напряжение низкой частоты, сопротивление постоянному току. Такие приборы имеют как минимум три шкалы — постоянного тока, переменного тока и омметра. Для обеспечения требуемой точности измерений во всем интервале измеряемой величины прибор должен иметь несколько пределов, что достигается применением переключаемых шунтов и добавочных резисторов, рассчитанных должным образом.

Отношение максимальных значений смежных пределов измерения называют переходным множителем шкалы. Наиболее удобен множитель $N=10$, тогда пределы выглядят так: 1, 10, 100, 1000 В, но при этом не обеспечивается необходимая точность измерения во всем интервале измеряемой величины. Поэтому для повышения точности измерений в комбинированных приборах предельные значения выбирают соответствующими ряду чисел 1, 2,5, 5, 10, 25, 25, 100, 250, 500, 1000 или 0,3, 1,5, 3, 7,5, 30, 75, 150, 300, 600, применяя для отсчета общую шкалу соответствующего рода тока.

Для омметра обычно полагают переходной множитель $M=10$.

Выбранные пределы измерения должны быть согласованы с параметрами выбранного микроамперметра. Например, при выбранном микроамперметре с $I_и=100$ мкА и $R_и=860$ Ом нельзя вводить предел измерения 75 мВ, так как $U_и=I_иR_и=86$ мВ, для этого же микроамперметра нереально введение предела измерения 50 МОм, поскольку напряжение источника питания такого омметра будет иметь значение около 1000 В.

Разработка схемы комбинированного прибора состоит из выбора и расчета схем отдельных измерителей и взаимного их согласования на основе выбранных элементов коммутации. Изменять вид измеряемой величины и предел измерения можно с помощью различных переключателей, использования набора гнезд или комбинированным способом. Применение галетных или многоконтактных клавишных (кнопочных) переключателей упрощает эксплуатацию прибора, но усложняет его схему и уменьшает надежность из-за большого числа групп контактов Коммутация с помощью набора гнезд упрощает схему прибора, но повышает опасность ошибочного включения.

Следует предусмотреть защиту от ошибочного включения, например включить в цепь общего зажима предохранитель на ток, в 1,5—2 раза превышающий максимальный предел измерения тока, или защиту измерительного механизма двумя встречно-параллельно включенными кремниевыми диодами, не оказывающими влияния на параметры измерительного механизма.

Конструкцию прибора определяет принципиальная схема. Органы управления комбинированного прибора размещают равномерно по всей площади лицевой панели, группируя по назначению.

При монтаже элементы и детали закрепляют надежно, чтобы исключить их деформацию и возможность взаимного соприкосновения в различных экстремальных ситуациях (ударах, сотрясениях и пр.). Все соединения выполняют изолированным проводом соответствующего сечения. Источник питания омметра помещают в отдельный отсек для того, чтобы в случае разгерметизации элементов источника электролит не попал на элементы прибора.

Выбранные детали должны быть исправными и иметь устойчивые во времени и мало зависящие от условий эксплуатации характеристики. Регулировка комбинированного прибора заключается в такой подгонке значений сопротивления шунтов и добавочных резисторов, которая обеспечивает получение выбранных пределов измерений. Прежде всего подгоняют элементы, общие для всех видов измерений, а затем элементы отдельных измерителей.

Градуируют шкалы измерителей по методике, описанной в гл. 4.

В общем случае шкала переменного напряжения (тока) не совпадает со шкалой постоянного напряжения (тока). Но при одинаковых предельных значениях обеих шкал их соответствующие деления, несколько смещенные одно относительно другого, расположены близко, что позволяет использовать один ряд чисел для отсчета по обеим шкалам.

Рассмотрим ряд схем комбинированных приборов и методику расчета элементов.

Вольтмиллиамперомметр постоянного тока. Пусть имеется в наличии микроамперметр М494 с током полного отклонения $I_и = 100$ мкА класса точности 1,5 с внутренним сопротивлением $R_и = 650$ Ом. Требуется спроектировать прибор с пределами измерения 1, 10, 100 мА, 1 А, 1, 10, 100, 1000 В, 1...100, 10...1000 Ом, 0,1...10, 1...100 кОм. Выбираем схему прибора с универсальным шунтом, отдельными на каждый предел измерения добавочными резисторами, последовательную схему для омметра и комбинированную коммутацию пределов измерения (рис. 25).

Сопротивление резисторов универсального шунта R5, R7, R9, R11, R13 рассчитывают, начиная с верхнего предела измерения, по формуле

$$R_п = \frac{I_и}{I_N}(R_и + R14 + R_\Sigma),$$

где $R_п$ — сумма значений сопротивления резисторов универсального шунта, включенных в шунтирующую цепь, $I_и$, $R_и$ — ток полного отклонения и внутреннее сопротивление микроамперметра, I_N — предел измерения, R14 — сопротивление подгоночного добавочного резистора, включенного в цепь микроамперметра, $R14 = (0{,}1...0{,}4)R_и$; R_Σ — суммарное сопротивление всех резисторов универсального шунта:

$$R_\Sigma = \frac{R_и + R14}{n-1} = \frac{R_и + R14}{I'_и - I_и} I_и = R3 + R7 + R9 + R11 + R13,$$

где $I'_и$ — ток полного отклонения прибора при наличии универсального шунта

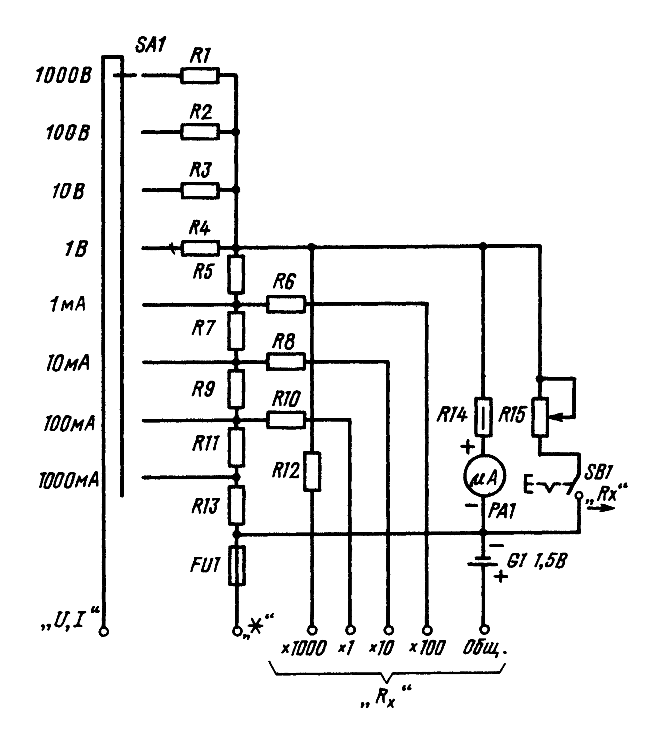


Рис. 25. Схема электрическая принципиальная вольтмиллиамперомметра постоянного тока

(определяет входное сопротивление вольтметра);

$$R_\Sigma = \frac{R_и + R14}{I'_и - I_и} I_и = \frac{650+150}{200\cdot10^6 - 100\cdot10^6} 100\cdot10^6 = 800 \text{ Ом};$$

$$R13 = \frac{I_и}{I_{N1}} (R_и + R14 + R_\Sigma) = \frac{100\cdot10^{-6}}{1} (650+150+800) = 0{,}16 \text{ Ом};$$

$$R11 = \frac{I_и}{I_{N2}} (R_и + R14 + R_\Sigma) - R13 = \frac{100\cdot10^{-6}}{0{,}1} (650 - 150 +$$

$$+800) - 0{,}16 = 1{,}44 \text{ Ом};$$

$$R9 = \frac{I_и}{I_{N3}} (R_и + R14 + R_\Sigma) - R13 - R11 = \frac{100\cdot10^{-6}}{10\cdot10^{-3}} (650+150+800) =$$

$$= 0{,}16 - 1{,}44 = 14{,}4 \text{ Ом};$$

$$R7 = \frac{I_и}{I_{N4}} (R_и + R14 + R_\Sigma) - R13 - R11 - R9 = \frac{100\cdot10^{-6}}{10^{-3}} (650+150+$$

$$+800) - 0{,}16 - 1{,}44 - 14{,}4 = 144 \text{ Ом};$$

$$R5 = R_\Sigma - (R7 + R9 + R11 + R13) = 800 - (144 + 14{,}4 + 1{,}44 - 0{,}16) = 640 \quad \text{Ом}.$$

Падение напряжения на миллиамперметре

$$U_ш = I_{N1} R13 = 1 \cdot 0,16 = 0,16 \text{ В},$$

входное сопротивление вольтметра на пределе 1 В

$$R_{вх} = \frac{U_1}{I'_и} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} = 5000 \text{ Ом}.$$

Для того чтобы улучшить характеристики миллиамперметра, уменьшив $U_ш$, необходимо увеличить ток полного отклонения $I'_и$, но при этом уменьшается входное сопротивление вольтметра.

Значения сопротивлений добавочных резисторов вольтметра R1—R4 вычисляют по формуле

$$R_m = \frac{U_N}{I'_и} - \frac{(R_и + R14) R_\Sigma}{R_и + R14 + R_\Sigma},$$

где R_m — добавочный резистор, соответствующий пределу измерения:

$$R4 = \frac{U_{N4}}{I'_и} - \frac{(R_и + R14) R_\Sigma}{R_и + R14 + R_\Sigma} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 4600 \text{ Ом};$$

$$R3 = \frac{U_{N3}}{I'_и} - \frac{(R_и + R14) R_\Sigma}{R_и + R14 + R_\Sigma} = \frac{10}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 49\,600 \text{ Ом};$$

$$R2 = \frac{U_{N4}}{I'_и} - \frac{(R_и + R14) R_\Sigma}{R_и + R14 + R_\Sigma} = \frac{100}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 499\,600 \text{ Ом};$$

$$R1 = \frac{U_{N5}}{I'_и} - \frac{(R_и + R14) R_\Sigma}{R_и + R14 + R_\Sigma} = \frac{1000}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 4\,999\,600 \text{ Ом}.$$

Для омметра источником питания может служить элемент 373 с минимальным напряжением U_{min}, равным 1 В. Чтобы рассчитать сопротивление резисторов R6, R8, R10, R12 омметра, нужно определить результирующее сопротивление миллиамперметра на каждом пределе измерения относительно входных зажимов омметра, причем влиянием переменного резистора R15 = 5...10 кОм можно пренебречь, так как результирующее сопротивление миллиамперметра существенно меньше сопротивления этого резистора. При расчете будем считать, что входные зажимы омметра замкнуты.

$$R_{100\ мА} = \frac{(R_и + R14 + R5 + R7 + R9)(R11 + R13)}{R_и + R14 + R_\Sigma} =$$

$$= \frac{(650 + 150 + 640 + 144 + 14,4)(1,44 + 0,16)}{650 + 150 + 800} = 1,598 \text{ Ом};$$

$$R_{10\ мА} = \frac{(R_и + R14 + R5 + R7)(R9 + R11 + R13)}{R_и + R14 + R_\Sigma} =$$

$$= \frac{(650 + 150 + 640 + 144)(14,4 + 1,44 + 0,16)}{650 + 150 + 800} = 15,84 \text{ Ом};$$

$$R_{1\ мА}=\frac{(R_и+R14+R5)(R7+R9+R11+R13)}{R_и+R14+R_\Sigma}=$$

$$=\frac{(650+150+640)(144+14,4+1,44+0,16)}{650+150+800}=144\ Ом;$$

$$R_{I'_и}=\frac{(R_и+R14)R_\Sigma}{R_и+R14+R_\Sigma}=\frac{(650+150)800}{650+150+800}=400\ Ом;$$

$$R10=\frac{U_{min}}{I_{100\ мА}}-R_{100\ мА}=\frac{1}{0,1}-1,598=8,402\ Ом;$$

$$R8=\frac{U_{min}}{I_{10\ мА}}-R_{10\ мА}=\frac{1}{0,01}-15,84=84,16\ Ом;$$

$$R6=\frac{U_{min}}{I_{1\ мА}}-R_{1\ мА}=\frac{1}{0,001}-144=856\ Ом;$$

$$R12=\frac{U_{min}}{I'_и}-R_{I'_и}=\frac{1}{200\cdot10^{-6}}-400=4600\ Ом.$$

При отсутствии номиналов резисторов, близких к расчетным значениям, следует использовать последовательное и параллельное соединения резисторов с последующей подгонкой на каждом пределе в соответствии с рекомендациями, изложенными в четвертой главе.

Сопротивление резистора R15 выбирают из условия

$$R15=(3...10)\frac{(R_и+R14)R_\Sigma}{R_и+R14+R_\Sigma}.$$

Важно правильно выбрать резисторы по рассеиваемой мощности, что влияет на точность измерения. В технике измерений нагревание добавочных резисторов и шунтов недопустимо. Поэтому номинальная мощность рассеивания резисторов должна превышать в пять и более раз расчетную мощность R, вычисленную по формуле

$$P=RI^2,$$

где R — сопротивление резистора, I — максимальный ток, протекающий через резистор.

Простой комбинированный прибор. На рис. 26—28 представлены три схемных варианта комбинированного прибора — ампервольтметра, с помощью которого можно измерять постоянное и переменное напряжения, постоянный ток и сопротивление постоянному току. Варианты отличаются элементами коммутации, число пределов измерений указано ориентировочно и определяется переключателем пределов. Номиналы добавочных резисторов и шунтов на схемах не указаны, их рассчитывают в соответствии с выбранными пределами и имеющимся в наличии микроамперметром по описанной выше методике.

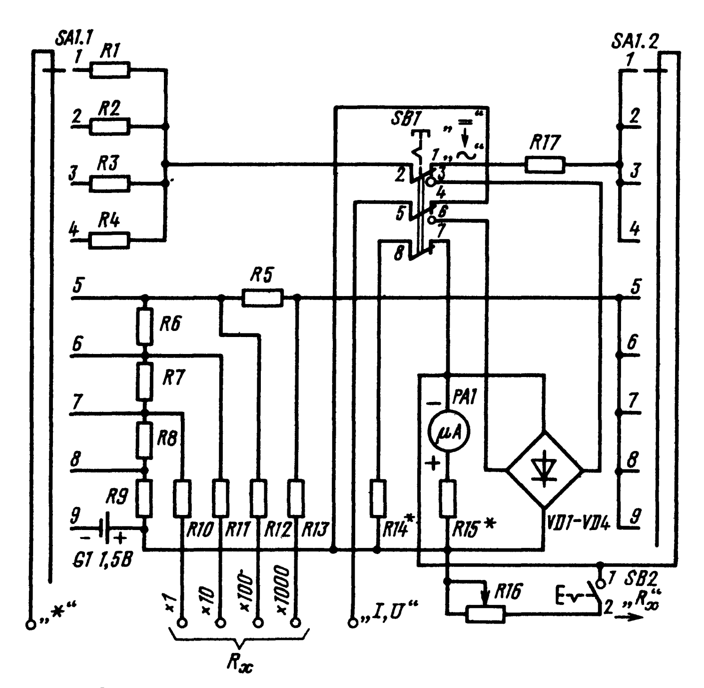


Рис 26 Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 1)

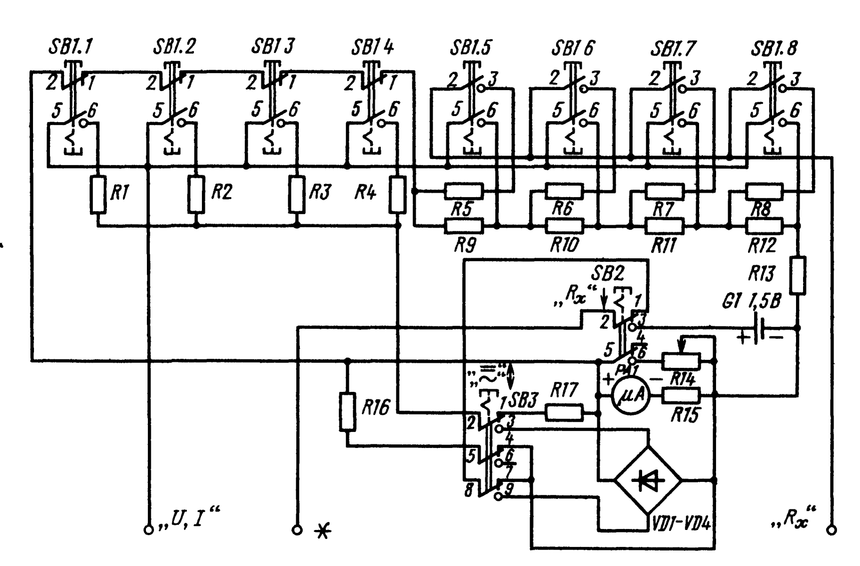


Рис 27 Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 2)

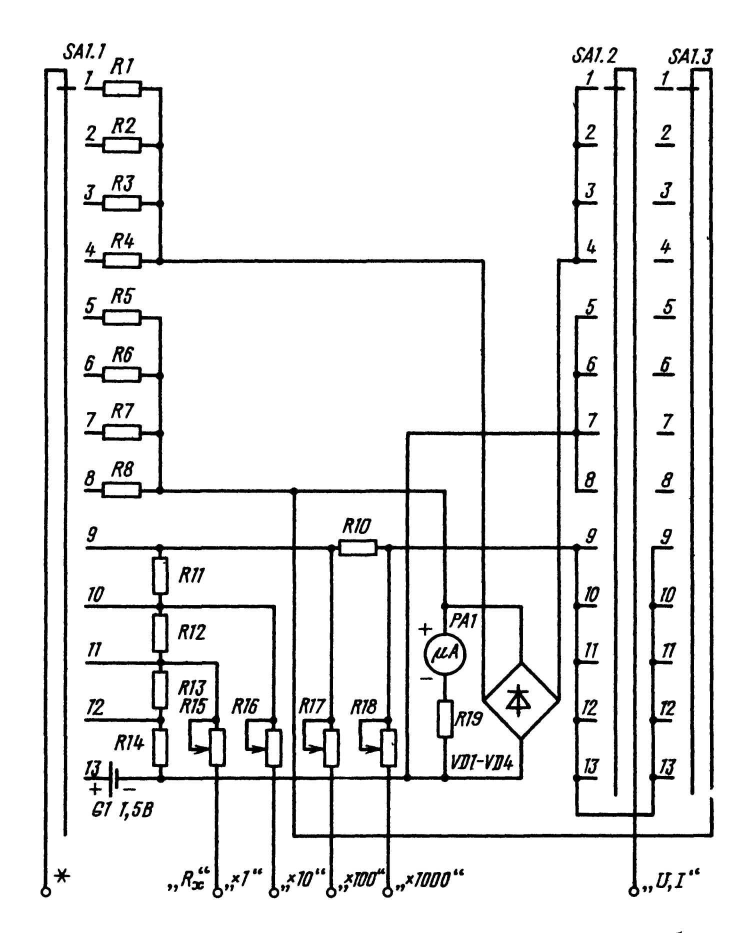


Рис 28 Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 3)

Несмотря на простоту прибор имеет хорошие метрологические характеристики и прежде всего максимально достижимое входное сопротивление вольтметра постоянного тока при минимальном сопротивлении цепи миллиамперметра Это обеспечено рациональным включением микроамперметра Дело в том, что цепь универсального шунта при измерении напряжения разрывается и ток, потребляемый вольтметром, оказывается равным току отклонения микроамперметра Следовательно, суммарное значение сопротивления универсального шунта можно уменьшить при сохранении выбранных пределов измерения тока, что позволит существенно снизить падение напряжения на резисторах шунта и тем самым уменьшить степень влияния миллиамперметра на объект измерения Применение диодного моста снижает ток, потребляемый вольтметром переменного тока, до (1,1 1,3) $I_и$ по сравнению с наиболее распространенными в комбинированных приборах мостами на двух диодах и двух

резисторах, что позволяет повышать входное сопротивление вольтметра переменного напряжения.

Диоды для моста следует выбрать по трем точкам вольт-амперной характеристики. Для этого можно воспользоваться любым многопредельным омметром или комбинированным прибором. Достаточно измерить сопротивление диодов в прямом направлении (положительный вывод омметра к аноду диода) на трех пределах омметра и отобрать диоды с одинаковыми значениями сопротивления на всех трех пределах.

Добавочные резисторы вольтметра переменного тока рассчитывают так же, как для вольтметра постоянного тока, но с учетом, что ток полного отклонения микроамперметра с выпрямителем $I_в = (1,1..1,3)\ I_и$. Более точное значение тока $I_в$ определяют экспериментально.

В первых двух вариантах прибора (рис. 26, 27) резисторы R14 и R16 соответственно выполняют роль шунтирующего в цепи микроамперметра, необходимого для уравнивания по току полного отклонения микроамперметра при измерении постоянного и переменного напряжений, ориентировочно R14 (R16) $= R_и I_и/(I_в - I_и)$. Окончательно сопротивление подбирают при регулировке. Использование этих резисторов дает возможность применять в качестве добавочных одни и те же резисторы (R1—R4) на постоянном и переменном токах, а расчет вести только по току полного отклонения микроамперметра с выпрямителем $I_в$.

Резистор R17 уравнивает падение напряжения $U_и$ на микроамперметре и $U_в$ на диодном мосте VD1—VD4:

$$R17 = (U_в - U_и)/I_в.$$

Точное сопротивление резистора R17 устанавливают перед регулировкой вольтметра постоянного тока.

Порядок расчета, выбора и подгонки элементов комбинированного прибора для первого варианта следующий: PA1, VD1—VD4, R15, R14, R9, R8, R7, R6, R5, R17, R4, R3, R2, R1, R10, R11, R12, R13, R16. То же для третьего варианта: PA1, VD1—VD4; R14, R13, R12, R11, R10, R15, R16, R17, R18, R5—R8, R1—R4.

Комбинированный прибор, электрическая принципиальная схема которого изображена на рис. 29, позволяет измерять постоянный и переменный токи и напряжения, сопротивление постоянному току. Число пределов измерений и их значения выбирают с учетом потребностей и имеющихся возможностей.

Для упрощения регулировки в приборе применены раздельные универсальные шунты для постоянного (R17—R21) и переменного (R9—R12, R22) токов, отключаемые при измерении напряжений, добавочные резисторы на каждый предел измерения постоянного и отдельно на каждый предел измерения переменного напряжения. Множитель встроенного омметра выбирают переключателем SB1 (секции SB1.5—SB1.8), предназначенным также для выбора пределов измерения тока. Переключатель SB1 (П2К) с зависимой фиксацией.

Комбинированный прибор является дальнейшим усовершенствованием второго варианта предыдущего прибора.

Порядок расчета, выбора и подгонки элементов комбинированного прибора по схеме на рис. 29 аналогичен описанному ранее и с учетом обозначения элементов следующий: PA1, VD1—VD4; R24, R21, R20, R19, R18, R17, R22, R12, R11, R10, R9, R13—R16, R5—R8, R1—R4, R23.

Комбинированный прибор радиолюбителя. Предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, сопротивления постоянному току, обратного

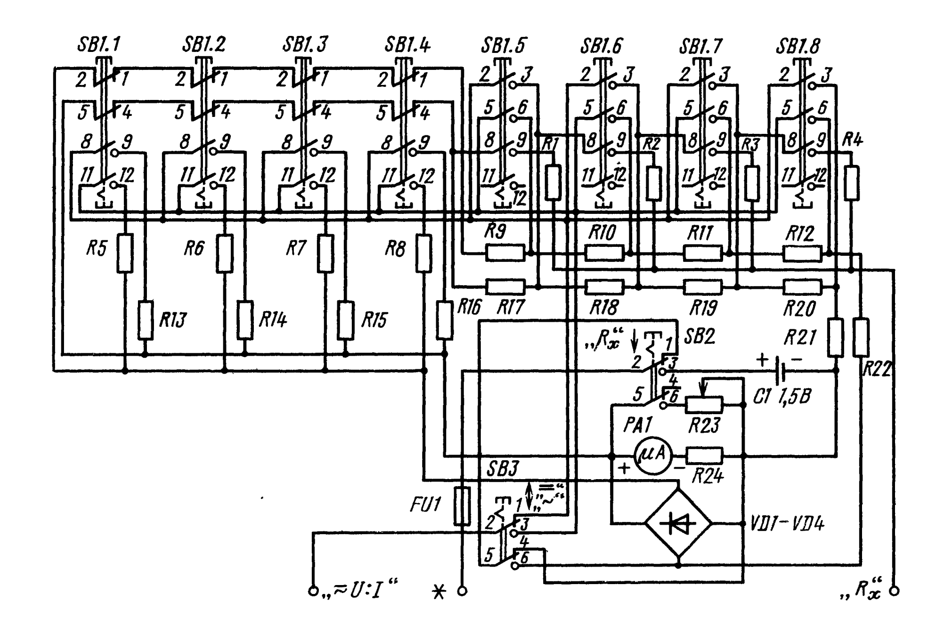


Рис. 29. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора

и начального токов коллектора и статического коэффициента передачи тока базы биполярных транзисторов любой мощности и структуры, а также для проверки исправности диодов. Электрическая принципиальная схема прибора показана на рис. 30.

В приборе использована ранее рассмотренная (рис. 25) схема ампервольтметра, но с отключением универсального шунта при измерении напряжения, и встроен измеритель статических параметров биполярных транзисторов (с переключателями SB1, SB2, SB3 и кнопкой SB4).

При правильной сборке и подгонке пределов измерений вольтмиллиамперметра настраивать измеритель статических параметров транзисторов не потребуется.

Пределы измерения вольтметра выбирают в соответствии с потребностями, входное сопротивление вольтметра зависит от тока полного отклонения микроамперметра, значение которого не должно превышать 200 мкА. Это требование обусловлено характеристиками современных транзисторов, их малыми значениями тока $I_{КБ0}$ и $I_{К,н}$. Необходимый режим измерения задают в основном напряжением питания U, для большинства маломощных и ряда мощных транзисторов вполне приемлемо напряжение U=4...5 В.

Пределы измерения миллиамперметра выбирают исходя из возможных значений статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ испытуемых транзисторов. Оптимальным можно считать пределы 0,1, 1, 10, 100 мА.

Известно [3], что $h_{21Э}=(I_К-I_{КБ0})/(I_Б+I_{КБ0})$, где $I_К$ — ток в цепи коллектора при наличии тока $I_Б$ в цепи базы, $I_{КБ0}$ — обратный ток коллектора транзистора. При малых значениях обратного тока $I_{КБ0}$ или $I_Б \gg I_{КБ0}$ $h_{21Э} \approx I_К/I_Б$.

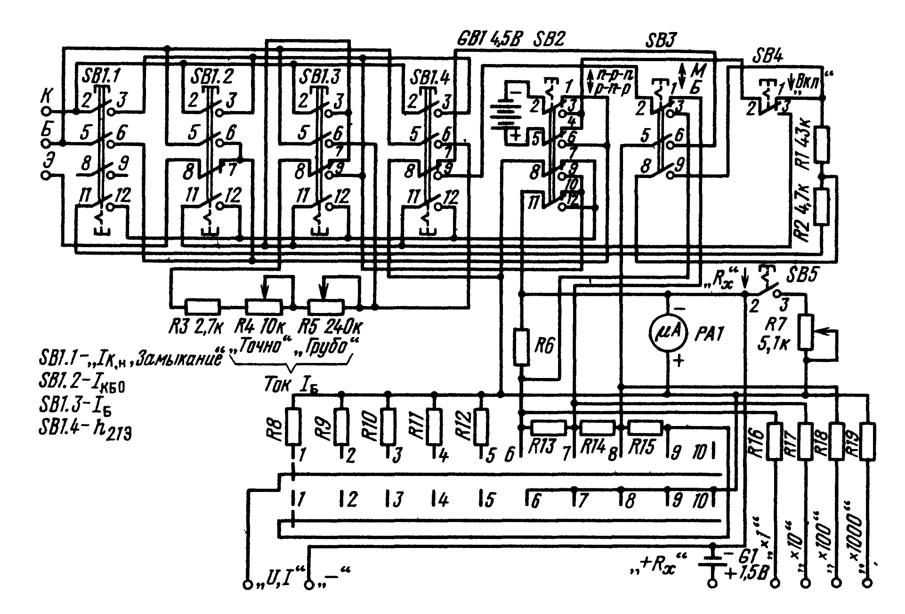


Рис 30 Схема электрическая принципиальная прибора радиолюбителя

При измерении статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ в цепи базы испытуемого транзистора переменными резисторами R4 и R5 устанавливают определенный ток $I_Б$ 25, 50 или 100 мкА на пределе 0,1 мА для маломощных и 0,5, 1 мА на пределе 1 мА для мощных транзисторов Ток в цепи коллектора $I_К$ измеряют на пределе $I_К = 10$ мА для маломощных и на пределе $I_К = 100$ мА для мощных транзисторов Максимальные значения статического коэффициента передачи тока будут соответственно равны 400, 200, 100 для маломощных и 200, 100 для мощных транзисторов

Сопротивление резисторов R3—R5 выбирают из следующих соотношений

$$R3 \approx 0{,}8\frac{U}{I'_{Б\,max}},\quad R3+R4 \geqslant \frac{U}{I'_{Б\,min}},$$

$$R3+R4+R5 \geqslant \frac{U}{I_{Б\,min}},$$

где U — напряжение питания, $I'_{Б\,max}$ и $I_{Б\,min}$ — максимальное и минимальное значения устанавливаемого тока базы при испытании транзисторов большой мощности, $I_{Б\,min}$ — минимальное значение устанавливаемого тока базы при испытании маломощных транзисторов

Резисторы R1 и R2 предназначены для ограничения тока через микроамперметр при проверке транзисторов на отсутствие замыкания и при проверке исправности диодов Сопротивление резистора R1 должно быть таким, чтобы при замкнутых зажимах «К» и «Э» прибора в положении «$I_{К\,н}$, Замыкание» переключателя SB1 (SB1 1) показания прибора в положениях «М» и «Б» переключателя SB3 были равны (напряжение источника питания GB1 должно быть номинальным), что необходимо в дальнейшем для определения пригодности источника питания по равенству показаний прибора

Для проверки транзистора его подключают к зажимам прибора в соответствии с цоколевкой, переключатель SB2 устанавливают в положение, определяемое структурой транзистора, переключатель SA1 — в положение «10». Ток $I_Б$ в цепи базы устанавливают резисторами R4 («Точно») и R5 («Грубо») при нажатой кнопке SB4 и при необходимых переключениях, определяемых табл. 8.

Испытуемый диод подключают выводами к зажимам «К» и «Э» (переключатель SA1 установлен в положение «10»), переключатель SB1 устанавливают в положение «$I_{К,н}$, Замыкание» (SB1.1). Переключателем SB2 изменяют полярность подключения источника питания SB1. При измерении обратного тока переключатель SB3 возвращают в положение «М».

На рис. 31 представлена электрическая принципиальная схема приставки к комбинированному прибору, предназначенной для проверки диодов и транзисторов. Возможности приставки такие же, что и у описанного выше прибора радиолюбителя. Ее подключают к входным зажимам комбинированного прибора, который устанавливают в режим измерения малых значений постоянного тока.

Сопротивление резисторов R6—R8 рассчитывают по формуле

$$R = \frac{R_N}{I - I_N} I_N = \frac{U_N}{I - I_N},$$

где R — сопротивление резистора шунта (R6—R8), R_N — внутреннее сопротивление прибора на выбранном пределе измерения, I_N — выбранный предел измерения тока, U_N — падение напряжения на внутреннем сопротивлении прибора при выбранном пределе, I — значение тока, до которого необходимо расширить предел измерения приставки ($I_Б$; $I_К$; $I'_К$).

Например, для прибора Ц4313 $I_N = 60$ мкА, $U_N = 75$ мВ, значения тока I следует выбрать $I'_Б = 0{,}6$ мА, $I_К = 6$ мА, $I_К = 60$ мА. Если выбрать $I_N = 120$ мкА, $U_N = 0{,}12$ В (см. технические характеристики), то значения тока I следует выбрать $I'_Б = 1{,}2$ мА, $I_К = 12$ мА, $I'_К = 120$ мА.

Таблица 8. **Состояние переключателей прибора при измерении параметров транзисторов**

Измеряемый параметр	Конечное значение шкалы, мА	Положения переключателей								
		SB1 1	SB1 2	SB1 3	SB1 4	SB3		SB4		SA1
						М	Б	Отпущен	Нажат	
$I_{К,н}$	0,1	×				×			×	10
	1	×					×		×	10
$I_{КБ0}$	0,1		×			×			×	10
	1		×				×		×	10
$I_Б$	0,1			×		×			×	10
	1			×			×		×	10
	10				×	×			×	10
$h_{21Э}$	100				×		×		×	10
«Замыкание»	0,1	×				×		×		10
	1	×					×	×		10

Примечание Знак × означает включенное положение переключателя

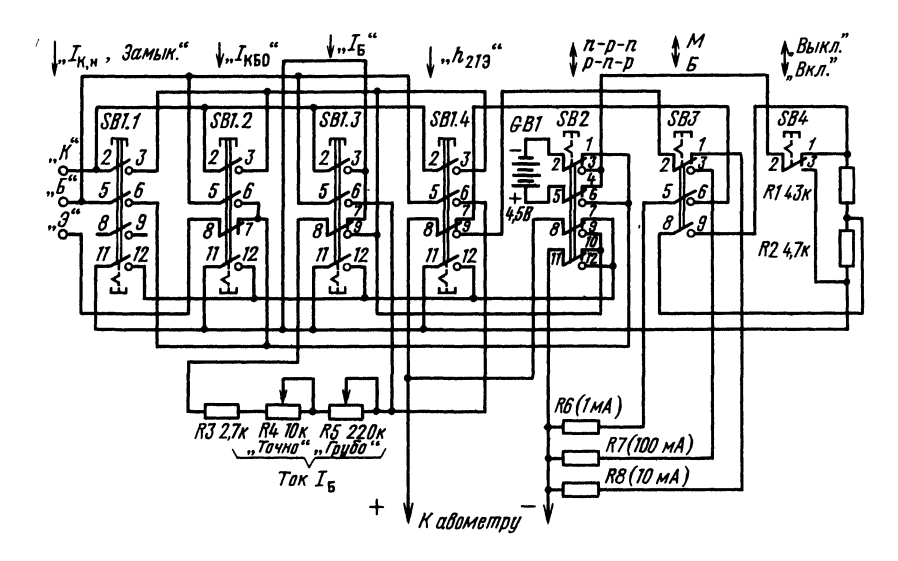


Рис. 31. Схема электрическая принципиальная приставки к комбинированному прибору

Регулировка приставки заключается в подгонке пределов измерений $I'_Б$, $I_К$, $I'_К$ по описанной выше методике.

Прибор автолюбителя предназначен для измерения постоянного напряжения на пределах 25 и 2,5 В, сопротивления постоянному току и частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля. Это позволяет контролировать напряжение аккумуляторной батареи в целом и отдельно каждого аккумулятора, оценивать степень его заряженности, контролировать работу генератора и регулятора напряжения, устанавливать требуемую частоту вращения коленчатого вала двигателя, проверять исправность предохранителей, ламп накаливания и других цепей системы электрооборудования автомобиля.

Прибор доступен в изготовлении и прост в налаживании. Он состоит (рис. 32) из тахометра (резисторы R1, R6—R8, диоды VD1—VD5, конденсаторы C1 и C2, микроамперметр PA1), вольтметра R2, R3, R7, R8 и омметра PA1 (R4, R7—R9, R10, источник питания G1 на 1,2...1,5 В и PA1) и нагрузочного резистора R5 с кнопкой SB1.

Вид измерения выбирают переключателем SA1.

Для измерения прибор подключают зажимом «—» к корпусу автомобиля. В положении 1 переключателя SA1 измеряют частоту вращения коленчатого вала, при этом щуп «n, U, R» прибора подключают к выводу конденсатора прерывателя. Импульсное напряжение с контактов прерывателя поступает на формирователь прямоугольных импульсов (R1, C1). Параметрический стабилизатор (R6, VD1) ограничивает импульсы по напряжению, после чего они через конденсатор C2 поступают на диодный выпрямительный мост VD2—VD5. Конденсатор C2 преобразует прямоугольные положительные импульсы в последовательность положительных и отрицательных коротких импульсов, параметры которых практически не зависят от параметров импульсов на прерывателе.

Выпрямленное напряжение измеряет милливольтметр, состоящий из микроамперметра PA1 и резистора R7. Милливольтметр измеряет среднее значение импульсного напряжения на нагрузке выпрямителя — резисторе R8. Оно пропор-

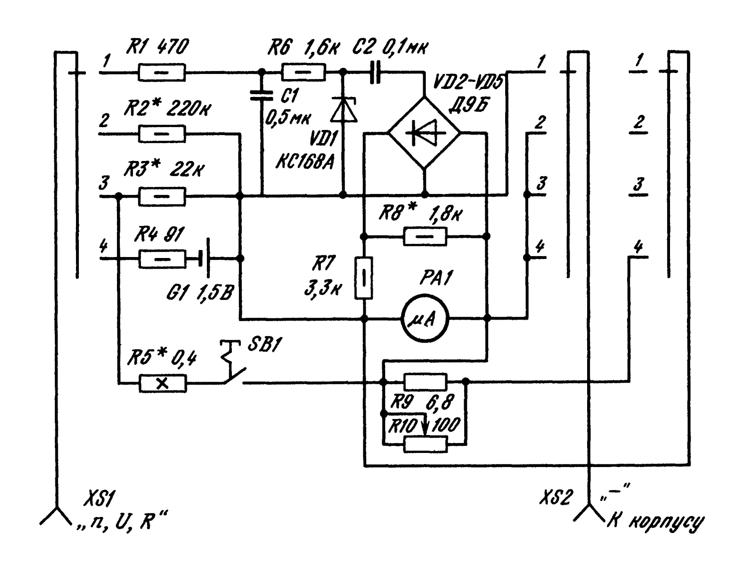


Рис. 32. Схема электрическая принципиальная прибора автолюбителя

ционально и частоте следования импульсов, и соответственно частоте вращения коленчатого вала двигателя.

В положениях 2 и 3 переключателя SA1 прибор работает как вольтметр соответственно на 25 и 2,5 В, причем на пределе 2,5 В имеется возможность подключить кнопкой SB1 параллельно входным зажимам прибора нагрузку — резистор R5, сопротивление которого вычисляют по формуле $R5 = U_A/I_{з\,н}$, где U_A — напряжение на зажимах аккумулятора под нормальной нагрузкой, обычно $U_A = 2$ В, $I_{з\,н}$ — номинальный ток зарядки, численно равный 0,1 номинальной емкости аккумуляторной батареи. Если при подключении резистора R5 напряжение на аккумуляторе снижается до 2...2,1 В, а в дальнейшем в течение 1...2 мин остается постоянным, можно считать, что он заряжен нормально.

В положении 4 переключателя SA1 прибор работает как омметр. На «нуль» омметр устанавливают резистором R10.

Номиналы резисторов указаны для случая использования микроамперметра с током полного отклонения 100 мкА и внутренним сопротивлением около 800 Ом.

Налаживание прибора начинают с тахометра. Прежде всего необходимо отградуировать шкалу тахометра, для этого на стекло микроамперметра наклеивают узкую дугообразную полосу тонкой бумаги (или кальки), повторяющую по форме основную шкалу, но закрывающую ее (разбирать микроамперметр не рекомендуется). От нулевой до конечной отметки основной шкалы на полосе бумаги делают отметки, расположенные равномерно, например через 500 мин$^{-1}$ (0, 5, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60)$\times$100 мин$^{-1}$, причем оцифровывают отметки через одну.

Затем тахометр в сборе подключают к источнику напряжением около 20 В, частотой 50 Гц и подборкой резистора R8 добиваются установки стрелки прибора на отметку 1500 мин$^{-1}$.

Пределы измерения вольтметра подгоняют по ранее описанной методике.

Омметр градуируют по результатам измерения сопротивления образцовых резисторов, делая при этом соответствующие отметки на шкале.

Пределы измерения омметра при указанных на схеме номиналах — примерно от 10 до 1000 Ом

В приборе можно применить микроамперметр с другими характеристиками, но при этом придется изменить номиналы резисторов R2, R3, R7—R9.

Приставка, принципиальная электрическая схема которой представлена на рис 33, предназначена для проверки биполярных и полевых транзисторов, а также для измерения их основных параметров

Элементы приставки рассчитаны для применения в комбинированном приборе Ц20-05. Приставку можно использовать с любым комбинированным прибором или самостоятельно с отдельным микроампервольтметром при условии пересчета номинальных сопротивлений резисторов, помеченных знаком «*».

Приставка сконструирована на основе переключателей П2К. Переключатели SB1 и SB5 — кнопочного типа, остальные с независимой фиксацией. Переключатель SB3 — сдвоенный, объединенный единой клавишей. Возможно применение переключателя на четыре переключающих контакта, однако при этом увеличиваются «в глубину» габаритные размеры приставки

Резисторы R2 и R3 предназначены для ограничения и установки тока в цепи базы транзисторов Резисторы R1, R4, R6 выполняют роль шунтов, соответственно на 15, 150 и 1,5 мА Резисторы R5 и R7 являются делителем напряжения для подачи на затвор полевых транзисторов напряжения смещения.

Резисторы R2, R5, R7 — любого типа (желательно малогабаритные) на указанные номиналы. Резистор R3 — СП4-2М или другого типа с линейной характеристикой (группы А) В качестве резистора R3 следует применять два последовательно соединенных резистора с сопротивлениями 10...43 кОм («точно») и 300. .390 кОм («грубо»)

Конструктивно приставку выполняют в виде отдельного блока или, что наиболее целесообразно, размещают внутри комбинированного прибора Ц20-05 в его нижней части, позади отсека питания, для чего в корпусе прибора высвер-

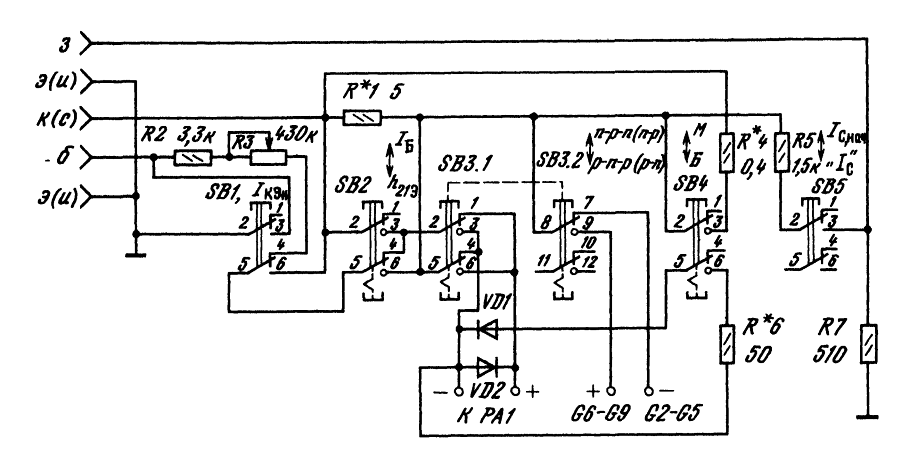


Рис. 33. Схема электрическая принципиальная приставки для измерения параметров транзисторов.
При измерении параметров полевых транзисторов кнопка SB2 должна быть нажата

ливают (прорезают) отверстия под кнопки (клавиши) и винты крепления переключателя.

Штыри переключателей укорачивают с двух сторон до 2...3 мм.

Резистор R3 размещают на боковой стенке корпуса.

Наладка приставки заключается в подборе сопротивлений резисторов R1, R4, R6 на указанные номинальные токи.

При подборе сопротивления резистора R1 необходимо нажать и зафиксировать переключатель SB2, а к зажимам эмиттер «э» и «к» подключить последовательно соединенные миллиамперметр на 15...25 мА и переменный резистор 510...910 Ом В качестве R1 можно взять резистор с номинальными значениями 5,1...6,8 Ом и, параллельно ему подключив резисторы с номинальными сопротивлениями десятки ом, добиться максимальных показаний встроенного прибора с пределом 15 мА.

Затем при нажатой кнопке переключателя SB4 подбирают значение резистора R6. Последовательно соединенные переменный резистор 5,1...24 кОм и миллиамперметр на 1,5...2,5 мА подключают к зажимам «э» и «б». Резистор R6 берут сопротивлением 51...68 Ом, параллельно ему подключают резисторы сопротивлениями сотни ом и подбирают суммарное сопротивление резистора R3 таким образом, чтобы максимальное отклонение измерительного прибора составило 1,5 мА

Резистор R4 — проволочный из манганина или константана диаметром 0,3 мм, длиной 60...100 мм. Подбор сопротивления заключается в выборе длины провода, при этом максимальное отклонение встроенного в комбинированный прибор измерителя должно соответствовать 150 мА при нажатых кнопках SB2 и SB4. К зажимам «э» и «к» подключают последовательно соединенные переменный резистор сопротивлением 51...100 Ом и миллиамперметр на 150...250 мА.

В качестве R4 возможно применение резистора типа С2-34 или С5-43 сопротивлением 0,5 Ом с последующим подключением параллельно резисторов с номинальным значением единицы ом.

При выполнении операций по наладке приставки следует использовать внешний источник питания, можно однополярный.

Перед работой с приставкой необходимо убедиться, что все кнопки прибора Ц20-05 отжаты, в том числе и кнопка «Вкл.»

Порядок работы следующий:

ручку резистора (резисторов) R3 установить в крайнее левое положение, что соответствует максимальному значению сопротивления;

установить переключатели SB3 и SB4 в соответствии с проводимостью и мощностью испытуемого транзистора;

подключить испытуемый транзистор к выходным зажимам;

при малом отклонении стрелки прибора, вращая ручку резистора R3, убедиться в увеличении показаний (отсутствие показаний прибора говорит об обрыве в цепи эмиттер — база транзистора);

кратковременно нажать кнопку SB1 («зашкаливание» стрелки прибора говорит о пробое перехода эмиттер — коллектор транзистора или неправильном выборе проводимости), прибор должен показать значение тока $I_{К,\,н}$ по шкале 30, при этом показания в делениях необходимо умножить на 4 мкА;

ручкой резистора R3 установить стрелку прибора на отметку 10 и нажать кнопку (клавишу) переключателя SB2, снять отсчет в делениях по шкале 30 и умножить на 10, полученное значение соответствует коэффициенту передачи тока транзистора $h_{21Э}$, если стрелка прибора «зашкаливает», то ручкой резистора R3 выставить стрелку прибора в пределах шкалы, отжать кнопку SB2 и в меньшую сторону выставить значение тока базы, кратное 10 делениям, а

именно 5; 2,5 делений, и соответственно при измерении коэффициента $h_{21э}$ отсчет по шкале 30 следует умножать на 20 и 40.

При проверке полевых транзисторов нажать кнопку переключателя SB2 и установить тип перехода переключателем SB3, подключить транзистор к входным зажимам и снять отсчет по шкале 0—30 прибора, показания в делениях умножить на 0,5 мА ($I_{C\ нач}$);

нажать кнопку SB5 и снять отсчет в делениях, умножив на 0,5 мА (I_C);

вычислить значение крутизны полевого транзистора по формуле

$$S = \frac{I_{C,\ наи} - I_C}{1{,}5}.$$

Приставка к комбинированному прибору Ц20-05, электрическая принципиальная схема которой приведена на рис. 34, предназначена для измерения емкости конденсаторов от единиц пикофарад до единиц микрофарад, емкости монтажа, емкости переходов полупроводниковых приборов, определения места обрыва кабелей. Приставка может служить генератором фиксированных частот.

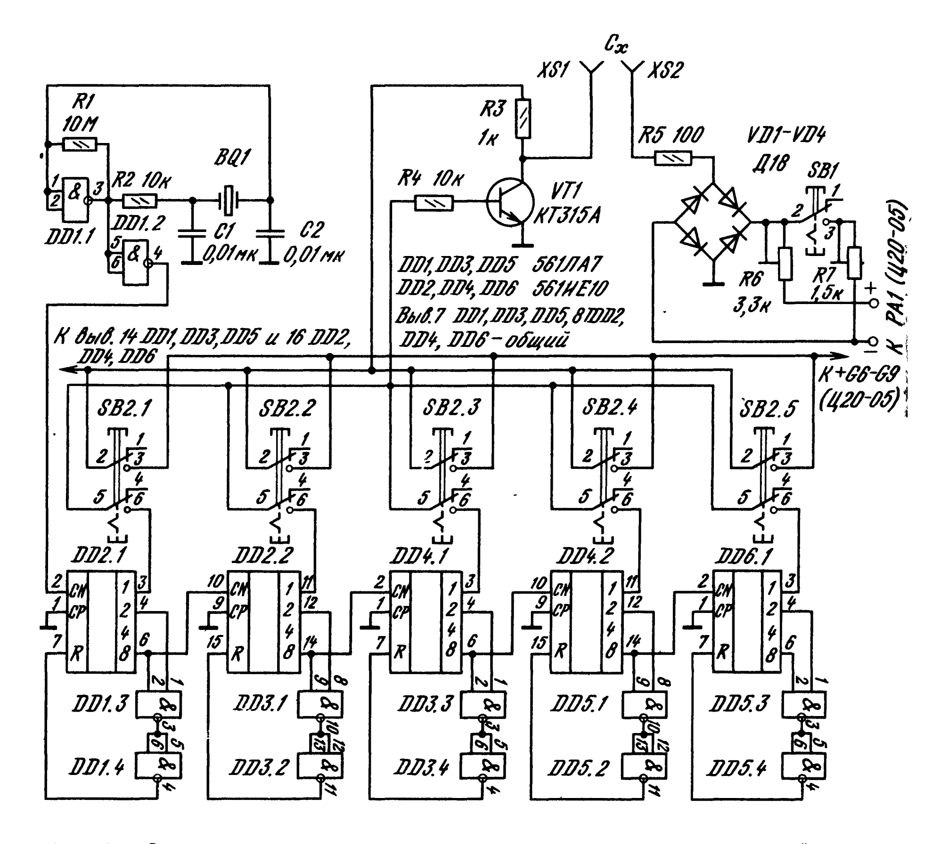


Рис. 34. Схема электрическая принципиальная для измерения емкостей конденсаторов

Диапазон измеряемых емкостей разбит на 10 поддиапазонов: 0...100, 0...300; 0...1000; 0...3000; 0...10 000; 0...30 000; 0...100 000 пФ; 0...0,3; 0...1; 0...3 мкФ.

«Шкала» приставки практически линейна. Погрешность измерения не превышает 5 %.

Принцип действия приставки основан на измерении средневыпрямленного значения тока, проходящего через измеряемую емкость под действием импульсного напряжения прямоугольной формы со скважностью, равной 2.

Значение тока определяется частотой импульсного напряжения и измеряемой емкостью.

Приставка состоит из кварцевого генератора (DD1.1, DD1.2, R1, R2, C1, C2, BQ1), делителя частоты (DD1.3, DD1.4, DD2—DD6), коммутатора SB2, ключа VT1 и измерителя VD1—VD4, R5—R7, PA1 (Ц20-05).

Кварцевый резонатор может иметь резонансную частоту 200...1000 кГц.

Делитель частоты выполнен из пяти декадных счетчиков на базе сдвоенных 4-разрядных двоичных счетчиков.

Выходом каждого счетчика является выход первого триггера, откуда снимается выходной сигнал прямоугольной формы со скважностью, равной 2, что позволило получить практически линейную характеристику приставки, а также дискретно изменять пределы измерения, не подстраивая каждый из пределов.

Пределы измерения, кратные десяти, выбирают с помощью переключателя SB2, смежный предел задается и настраивается с помощью шунтирующего резистора R7.

Ключ VT1 необходим для согласования маломощного выхода делителя частоты с выходом генератора.

В приставке использованы: переключатель SB1 любой, например П2К с независимой фиксацией, МТ-1; переключатель SB2 типа П2К с зависимой фиксацией; резисторы R1—R5 малогабаритные типа МЛТ-0,125 или другие, R6, R7 — подстроечные типа СП5-2; конденсаторы керамические типа КТ или КМ. Вместо транзистора КТ315А можно применить транзисторы КТ315 с любым буквенным индексом или 2Т312. Микросхемы серии 561 можно заменить микросхемами серии 564 без какого-либо изменения электрической схемы. В качестве VD1—VD4 можно использовать диод типа Д9 или Д2.

Конструктивно приставка представляет собой переключатель со смонтированной на нем платой с элементами. Если приставка выполнена внутри прибора Ц20-05М1, то «штырьки» переключателя укорачивают с обеих сторон до 2...3 мм и все устройство размещают за отсеком питания в нижней части прибора.

Настройка устройства заключается в измерении известных значений емкостей конденсаторов, вначале настраивают 0...100 или 0...1000 пФ с помощью резистора R6, используя шкалу 0...10, а затем смежный предел 0...300 пФ.

При настройке следует исключить влияние емкости соединительных проводов и касания входных зажимов при измерении.

Чем выше частота генератора, тем выше чувствительность приставки, так при частоте генератора 500...600 кГц нижний предел может быть 0...30 пФ.

Работа с прибором проста и особых навыков не требует. При определении места обрыва кабеля или двухпроводной линии проводят два измерения C1 и C2 с обеих сторон кабеля и измеряют длину кабеля l, тогда расстояние до места обрыва кабеля

$$l_1 = \frac{C1 + C2}{l} C1.$$

СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Ампервольтомметр АВО-5М1

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения.

. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 9 и на рис. 35—37.

Номинальная частотная область для пределов 3...1200 В составляет 45...1000 Гц, для предела 6000 В — 45...55 Гц.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В на всех пределах измерения постоянного напряжения и 2 кОм/В на всех пределах измерения переменного напряжения (табл. 10).

Рабочая температура —10...+50 °С, относительная влажность до 60 %.

В приборе применен магнитоэлектрический механизм типа М24-5 с номинальным током 50 мкА и внутренним сопротивлением 2250 Ом.

Для питания прибора используют сухой элемент на 1,6 В и пять элементов 3336У.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 11)

Таблица 9. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В
6000; 1200; 600 300; 12,3 В	Постоянный	50	—
6000; 1200; 600 300; 12,3 В	Переменный	500	—
12 000; 1200; 120; 30; 3; 0,3; 0,06 мкА	Постоянный	—	0,27
12; 1,2 А	Переменный	—	0,08
120 мА	»	—	0,5
30 мА	»	—	0,8
3 мА	»	—	2

Примечание Основная погрешность ±4 %

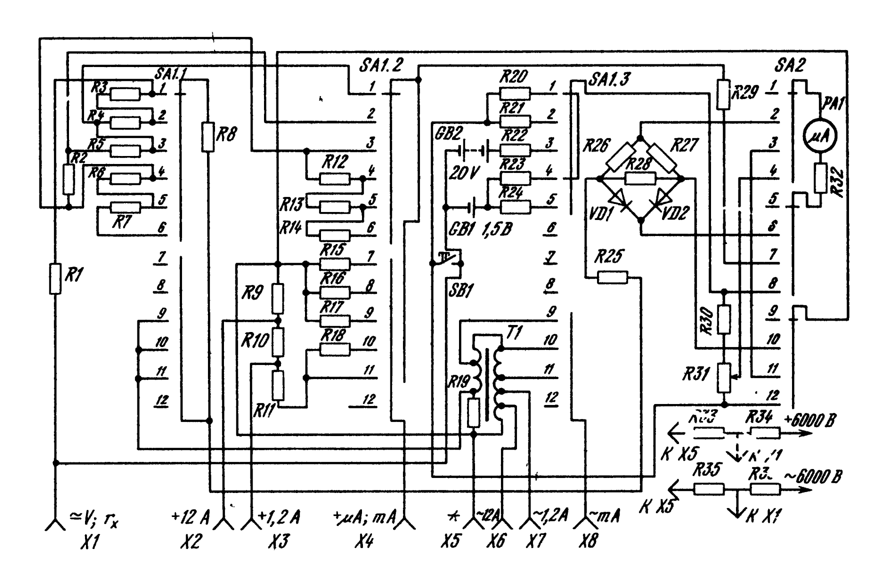


Рис. 35. Схема электрическая принципиальная ампервольтомметра АВО-5М1

Таблица 10. **Пределы измерения сопротивления и уровни передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого параметра	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	3...300 Ом	0,5	1,5		
Ω×100	0,3...30 кОм	0,05	1,5	±86	±2,5
Ω×10 000	0,03...3 МОм	0,06	20		
3V	—12...+12	—	—	47	±4

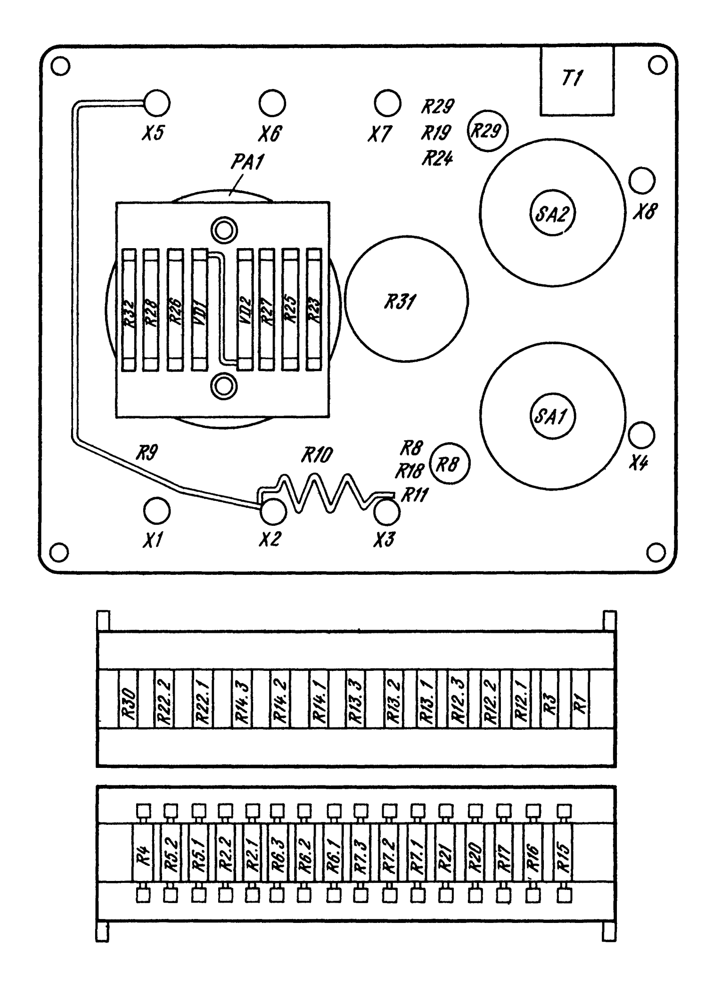


Рис. 36. Схема расположения элементов ампервольтомметра АВО-5М1

Пределы			Элементы																																			
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26–R28, VD1, VD2	R29	R30, R31	R32, PA1	SA1.1	SA1.2	SA1.3	SA2	SA2	SA2	T1	GB1	GB2
V	"–"	1200	×	×	×	×	×							×	×	×													×		×	6	6	6	3	7	11			
		600	×	×	×	×	×							×	×														×		×	5	5	5	3	7	11			
		300	×	×	×	×	×							×															×		×	4	4	4	3	7	11			
		30	×	×	×	×	×																						×		×	3	3	3	3	7	11			
		12	×		×	×	×																						×		×	2	2	2	3	7	11			
		3	×		×	×																							×		×	1	1	1	3	7	11			
	"~"	1200	×	×	×	×	×	×	×	×																	×	×			×	6	6	6	2	6	10			
		600	×	×	×	×	×	×		×																	×	×			×	5	5	5	2	6	10			
		300	×	×	×	×	×			×																	×	×			×	4	4	4	2	6	10			
		30	×		×	×				×																	×	×			×	3	3	3	2	6	10			
		12	×		×					×																	×	×			×	2	2	2	2	6	10			
		3	×							×																	×	×			×	1	1	1	2	6	10			
mA	"–"	12000									+	×	×																×		×	11	11	11	3	7	11			
		1200									+	+	×																×		×	11	11	11	3	7	11			
		120									+	+	+																×		×	11	11	11	3	7	11			
		30									+	+	+							+									×		×	10	10	10	3	7	11			
		3																	+										×		×	9	9	9	3	7	11			
		0,3																+											×		×	8	8	8	3	7	11			
		0,06															+												×		×	7	7	7	3	7	11			
	"~"	12000																			×						×	×			×	11	11	11	2	6	10	×		
		1200																			×						×	×			×	11	11	11	2	6	10	×		
		120																			×						×	×			×	11	11	11	2	6	10	×		
		30																			×							×			×	10	10	10	2	6	10	×		
		3																			×						×	×			×	9	9	9	2	6	10	×		
Ω	×10000																							+						+	×	3	3	3	4	8	12			+
	×100																						+			+				+	×	2	2	2/5	4	8	12		+	
	×1																					+			+					+	×	1	1	1/4	4	8	12		+	

Рис. 37 Карта электрических цепей ампервольтомметра АВО-5М1

Таблица 11 **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме ампервольтомметра АВО-5М1**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	1000±3 Ом, проволочный	1	
R2	ВС-0,5-360±3,6 кОм	1	
R3	УЛИ-0,25-18±0,18 кОм	1	Для приборов АВО-5М1Т сопротивление проволочное
R4	УЛИ-0,25-36±0,36 кОм	1	То же
R5	ВС-0,5-180±1,8 кОм	1	
R6	ВС-0,5-600±6 кОм	1	
R7	ВС-0,5-1200±12 кОм	1	
R8	2000±6 Ом, проволочный	1	
R9	0,0209 Ом, проволочный	1	
R10	0,188±0,00056 Ом, проволочный	1	
R11	1,88±0,0056 Ом, проволочный	1	
R12	ВС-0,5-5400±54 кОм	1	
R13	ВС-0,5-6000±60 кОм	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R14	ВС-0,5-12±0,12 МОм	1	
R15	ВС-0,5-24±2,4 кОм	1	
R16	1000±3 Ом, проволочный	1	
R17	84,6±0,25 Ом, проволочный	1	
R18	6,35±0,019 Ом, проволочный	1	
R19	4...6,5 кОм, проволочный	1	Подгоночное
R20	5,45±0,016 Ом, проволочный	1	
R21	700±2,1 Ом, проволочный	1	
R22	ВС-0,5-296±2,96 кОм	1	
R23	24,6±0,0738 Ом, проволочный	1	
R24	2460±7,38 Ом, проволочный	1	
R25	300...500 Ом, проволочный	1	»
R26	ВС-0,5-2000±200 Ом	1	
R27	ВС-0,5-2000±200 Ом	1	
R28	450...700 Ом, проволочный	1	»
R29	2500±7,5 Ом, проволочный	1	
R30	ВС-0,5-2700±270 Ом	1	
R31	11±1,1 кОм, проволочный	1	
R32	250...900 Ом, проволочный	1	»
R33	ВС-0,5-7,5±0,75 МОм	1	
R34	ВС-0,5-119±1 МОм	1	
R35	ВС-0,5-750±75 кОм	1	
R36	ВС-0,5-11,9±0,1 МОм	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Выпрямитель купоросный ВКВ-7-1А	2	

Комбинированный прибор Ц20-05

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и уровня передачи переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 12—14 и на рис. 38—40.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжения составляет 20 кОм/В. Рабочая температура —10...+40 °С, относительная влажность окружающего воздуха до 90 % при температуре 30 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический механизм на кернах с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 150 мкА.

Питание прибора осуществляется от девяти элементов типа 316. Разность значений напряжений источников G2—G5 и G6—G9 не должна превышать 1,2 В.

При измерении уровня передачи переменного напряжения на пределе 3V отсчет производится непосредственно по шкале «dB». При переходе на другие пределы к показанию прибора необходимо прибавить число, указанное в табл. 15.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 16).

Таблица 12. **Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, мВ
1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 В	Постоянный	50	—
1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 В	Переменный	50	—
1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 мА	Постоянный	—	60
1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 мА	Переменный	—	60

Примечание Основная погрешность ±4 %

Таблица 13. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения, В	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000	20...55	20...55
300; 100	20...500	20...500
30	20...5000	20...5000
10; 3; 1; 0,3; 0,1	20...20 000	20...20 000

Таблица 14. **Основные технические параметры встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение параметра	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×1	0...1 кОм	30	1,5	64	±2,5
Ω×10	0...10 кОм	3			
Ω×100	0...100 кОм	0,3			
Ω×1000	0...1000 кОм	0,03			
dB	—10...+12	0,05	—	52	±4

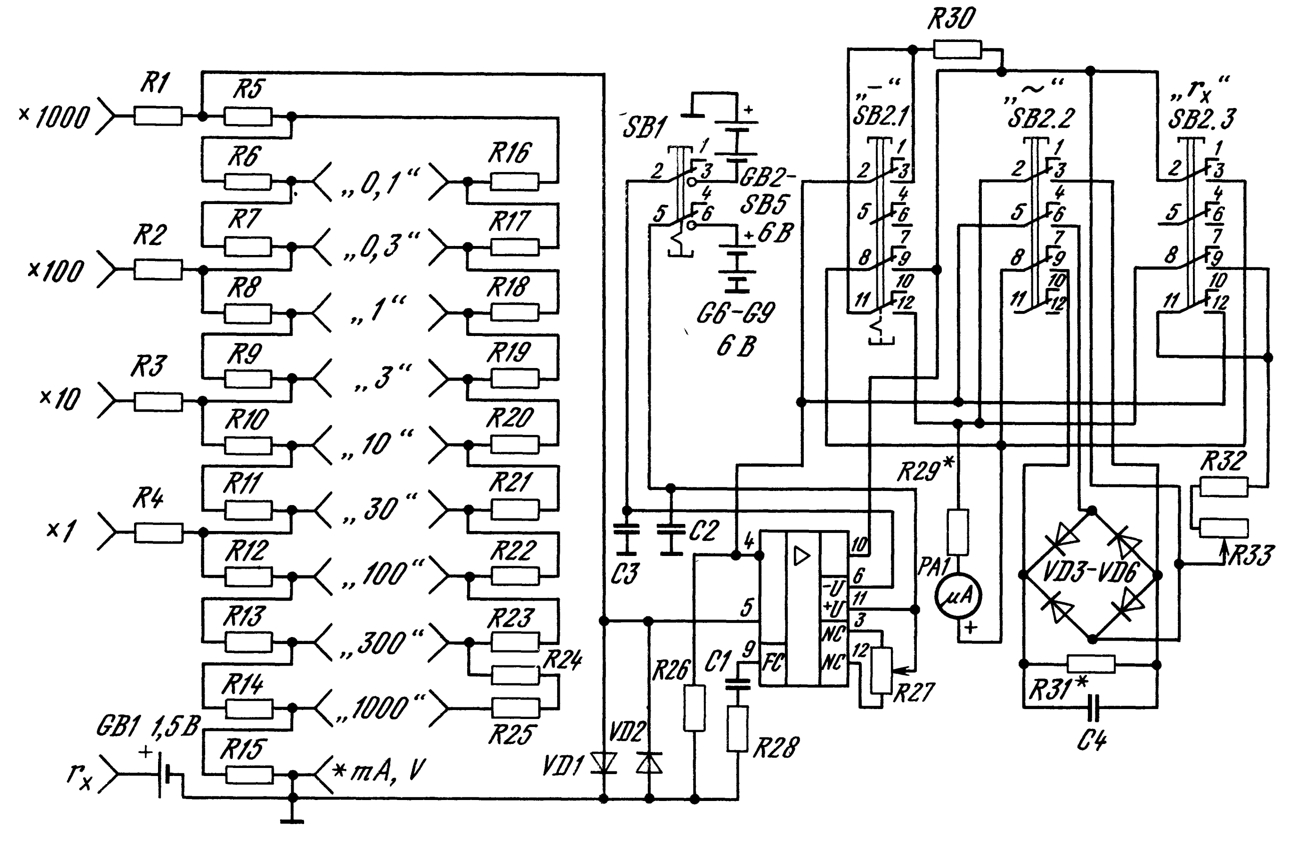


Рис. 38. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц20-05

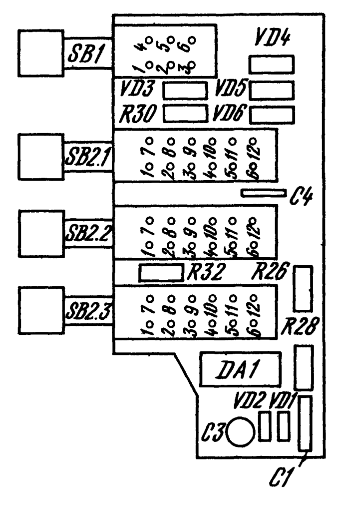


Рис. 39. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц20-05

Пределы			Элементы																							
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24,R25
V	"–"	1000					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		300					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		100					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		30					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
		10					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
		3					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
		1					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
		0,3					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
		0,1					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
	"~"	1000					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		300					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		100					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		30					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
		10					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
		3					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
		1					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
		0,3					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
		0,1					×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
mA	"–"	1000					×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+									
		300					×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+									
		100					×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+									
		30					×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+									
		10					×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+									
		3					×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+									
		1					×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+									
		0,3					×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+									
		0,1					×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
	"~"	1000					×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+									
		300					×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+									
		100					×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+									
		30					×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+									
		10					×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+									
		3					×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+									
		1					×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+									
		0,3					×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+									
		0,1					×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
r_x	×1					+	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+									
	×10				+		×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+									
	×100			+			×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+									
	×1000		+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									

Рис. 40 Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц20-05

Элементы																		
GB1	R32, R33	ДА1,GB2-GB9,R26	R27,VD1,VD2,C2,C3	C1, R28	R29, PA1	R30	VD3-VD6,R34,C4	SB1		SB2.1			SB2.2			SB2.3		
								2-3	5-6	2-3	8-9	11-12	2-3	5-6	8-9	2-3	8-9	11-12
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×		×	×		×	×	×	×	×						
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
		×	×	×	×			×	×				×	×	×			
×	×	×	×		×			×	×							×	×	×
×	×	×	×		×			×	×							×	×	×
×	×	×	×		×			×	×							×	×	×
×	×	×	×		×			×	×							×	×	×

Таблица 15. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	0,1	0,3	1	3	10	30	100	300	1000
Поправочное число, дБ	—30	—20	—10	0	+10	+20	+30	+40	+50

Таблица 16. **Перечень элементов к принципиальной схеме комбинированного прибора Ц20-05**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	С2-29В-0,125-48,1 кОм ±1 %	1	
R2	С2-29В-0,125-4,81 кОм ±1 %	1	
R3	С2-29В-0,125-481 Ом ±1 %	1	
R4	С2-29В-0,25-48,1 Ом ±1 %	1	
R5	С2-29В-0,125-665 Ом ±1 %	1	
R6	С2-29В-0,125-499 Ом ±1 %	1	
R7	С2-29В-0,125-332 Ом ±1 %	1	
R8	С2-29В-0,125-177 Ом ±1 %	1	
R9	С2-29В-0,25-33,2 Ом ±1 %	1	
R10	С2-29В-0,125-11,7 Ом ±1 %	1	
R11	С2-29В-0,125-3,32 кОм ±1 %	1	
R12	С2-29В-0,125-1,17 Ом ±1 %	1	
R13	0,333±0,003 Ом	1	Шунт
R14	0,117±0,001 Ом	1	»
R15	0,05±0,0005 Ом	1	»
R16	С2-29В-0,125-1 кОм ±1 %	1	
R17	С2-29В-0,125-4,02 кОм ±1 %	1	
R18	С2-29В-0,125-14 кОм ±1 %	1	
R19	С2-29В-0,125-40,2 кОм ±1 %	1	
R20	С2-29В-0,125-140 кОм ±1 %	1	
R21	С2-29В-0,125-402 кОм ±1 %	1	
R22	С2-29В-0,25-1,4 МОм ±1 %	1	
R23	С2-29В-0,25-4,02 МОм ±1 %	1	
R24	С2-29В-1,0-6,04 МОм ±1 %	1	
R25	С2-29В-1,0-7,96 МОм ±1 %	1	
R26	С2-29В-0,125-249 Ом ±1 %	1	
R27	СП3-39НА-1-47 кОм ±20 %	1	
R28	МЛТ-0,25-39 Ом ±10 %	1	
R29*	Катушка 5ПБ.520.281-18	1	400...600 Ом
R30	С2-29В-0,125-3,01 кОм ±1 %	1	
R31*	Катушка 5ПБ.520.281-19	1	4...6 кОм
R32	МЛТ-0,25-1 кОм ±10 %	1	
R33	СП3-9А-4,7 кОм ±20 %	1	
	Конденсаторы		
C1	К10-7В-Н30-3300 пФ ±20 %	1	
C2, C3*	К50-16-10 В-20 мкФ	2	
C4	К10-7В-М750-62 пФ ±10 %	1	
V1—V6	Диоды КД521В	6	
D1	Микросхема КР551УД1А	1	

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4311

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...16 000 Гц. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 17—19 и на рис. 41—49.

Прибор можно использовать как образцовый при поверке других комбинированных приборов.

Входное сопротивление прибора 3,3 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 3 кОм/В при измерении переменного напряжения.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внешним магнитом. Рамка подвешена на растяжках ПлСр-20М 1,0 при натяжении 100±20 г. Ток полного отклонения 300 мкА, сопротивление рамки не более 75 Ом (180 витков провода ПЭС-1 0,06). Встроенная батарея 3336 (или 3336Л) служит для питания узла защиты от перегрузок.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R17, R24, R26, R28, R32, R33, R39, R45, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 20).

Таблица 17. **Основные технические параметры встроенного в прибор ампервольтметра постоянного тока**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мВ	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
750	3	7,5 А	0,86	3	5	30 мА	0,6
300	3	3 А	0,71	1,5	0,5	15 мА	0,59
150	3	1,5 А	0,66	0,75	0,5	7,5 мА	0,57
75	3	750 мА	0,63	0,300	0,3	3 мА	0,54
30	3	300 мА	0,6	0,150	0,342	1,5 мА	0,48
15	3	150 мА	0,6	0,075	0,342	0,75 мА	0,36
7,5	3	75 мА	0,6			300 мкА	0,075

Примечание. Основная погрешность ±0,5 %.

Таблица 18. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц
750	3,5	45...300	15	3,5	45...8 000
300	3,5	45...300	7,5	3,5	45...16 000
150	3,5	45...1000	3	5	45...16 000
75	3,5	45...3000	1,5	0,7	45...16 000
30	3,5	45...5000	0,75	1,5	45...16 000

Примечаиия: 1. Основная погрешность ±1 %. 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц.

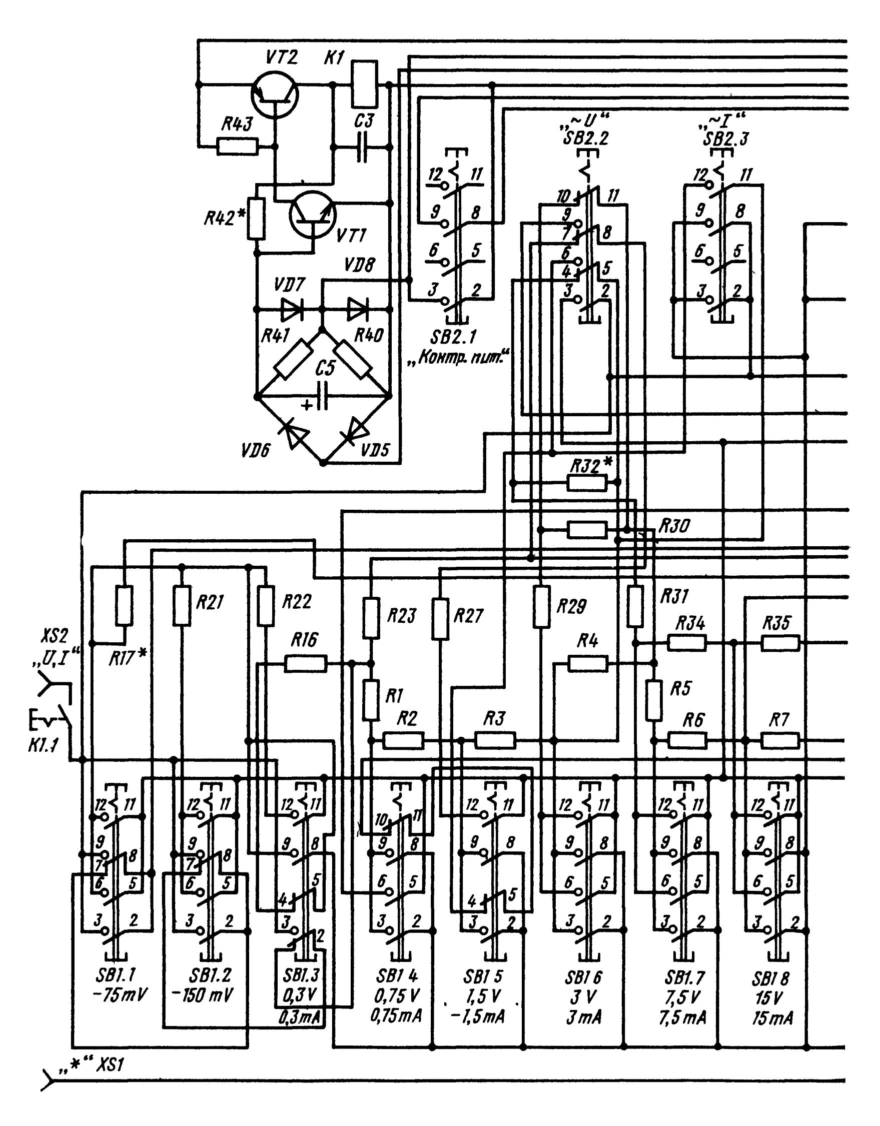


Рис. 41 Схема электрическая принципиальная ампервольтметра Ц4311

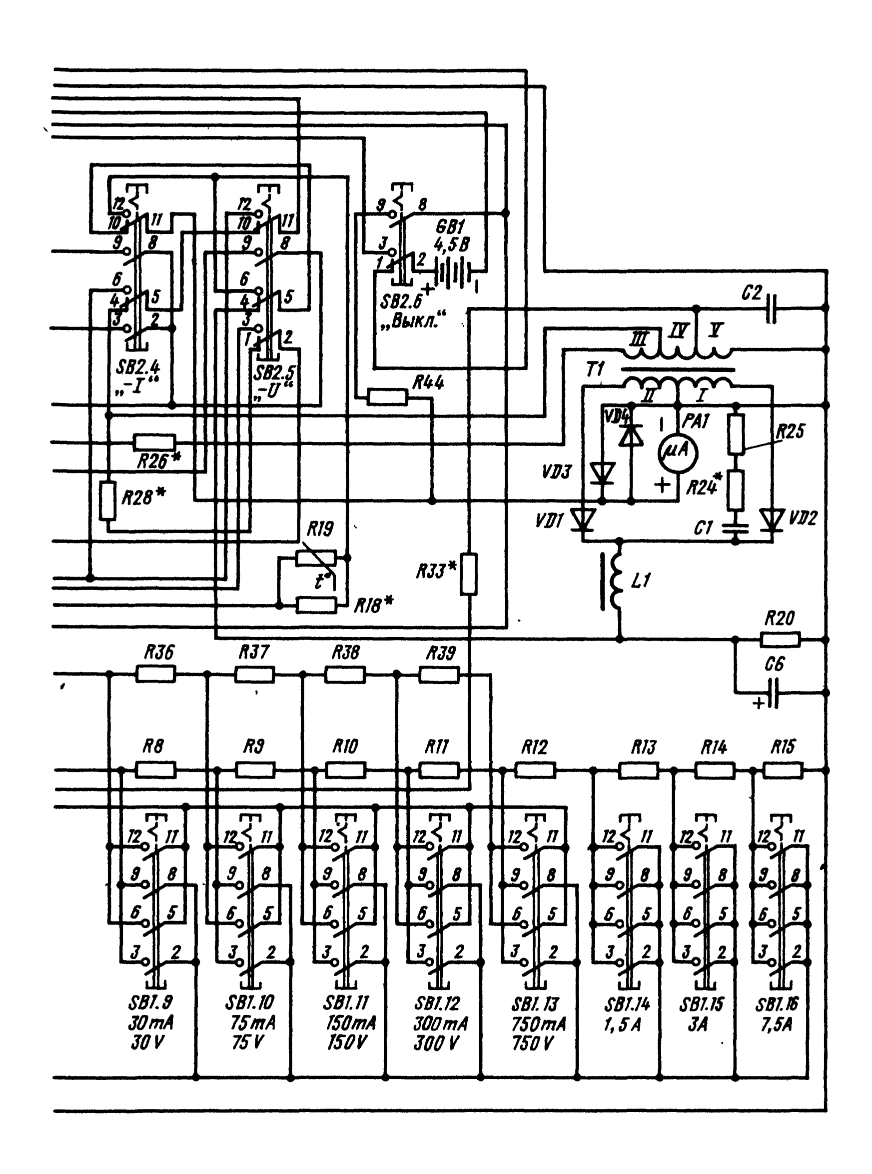

SB2.4
„-I"
SB2.5
„-U"
GB1
4,5 B
SB2.6
„Выкл."
C2
T1
PA1
R25
R24*
VD4
VD3
VD1
VD2
C1
L1
R44
R26*
R28*
R19
R18*
R33*
R20
C6
R36
R37
R38
R39
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
SB1.9
30 mA
30 V
SB1.10
75 mA
75 V
SB1.11
150 mA
150 V
SB1.12
300 mA
300 V
SB1.13
750 mA
750 V
SB1.14
1,5 A
SB1.15
3A
SB1.16
7,5A

Таблица 19. **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток	7,5 А	3 А	1,5 А	0,75 А	0,3 А, 0,15 А	75 мА, 30 мА	15 мА	7,5 мА	3 мА
Падение напряжения, В	0,95	0,8	0,75	0,7	0,65	0,65	0,6	0,55	0,4

Примечания: 1. Основная погрешность ±1 %. 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...16 000 Гц.

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_ц$, термокомпенсатора R18R19/(R18+R19) и резистора R17 должно быть в пределах 250±0,25 Ом при температуре 20 °С.

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора:

R33 — при измерении переменного тока на одном из пределов,

R26, R28, R30, R32 — при измерении переменного напряжения на пределах 0,75, 1,5, 3, 7, 5 В соответственно,

R42 — для установки порога срабатывания автовыключателя.

В приборе применена защита электрической схемы прибора и микроамперметра при электрических перегрузках, осуществляется автовыключателем. Схема автовыключателя представляет собой (рис. 33) диодный выпрямительный мост (VD5, VD6, R40, R41) и двухкаскадный транзисторный усилитель (VT1, VT2) с положительной обратной связью между каскадами (R42). Нагрузкой усилителя является специальное реле K1.1 (рис. 45). Сигнал перегрузки подается на вход усилителя с выходной диагонали диодного выпрямительного моста, входная диагональ которого при измерении постоянного напряжения или тока подключается параллельно измерительному механизму, а при измерении переменного напряжения или тока подключается к обмотке IV, V трансформатора T1. При этом транзистор VT1 открывается, через обмотку реле K1 (рис. 41, 45) протекает ток, ослабляя магнитный поток, создаваемый постоянным магнитом 4, удерживающий якорь 3, сила пружинящей пластины якоря 3 разрывает контакты K1.1, отключая прибор от исследуемой цепи. Настройка автокомпенсатора состоит в следующем. Винтом 11 устанавливают давление подвижного контакта 8 на якорь 3 силой 40±5 г при замкнутых контактах, а винтом 10 пружинящее усилие пластины якоря 9 в пределах 80±5 г, причем при определении усилия якорь 3 не должен соприкасаться с магнитопроводом.

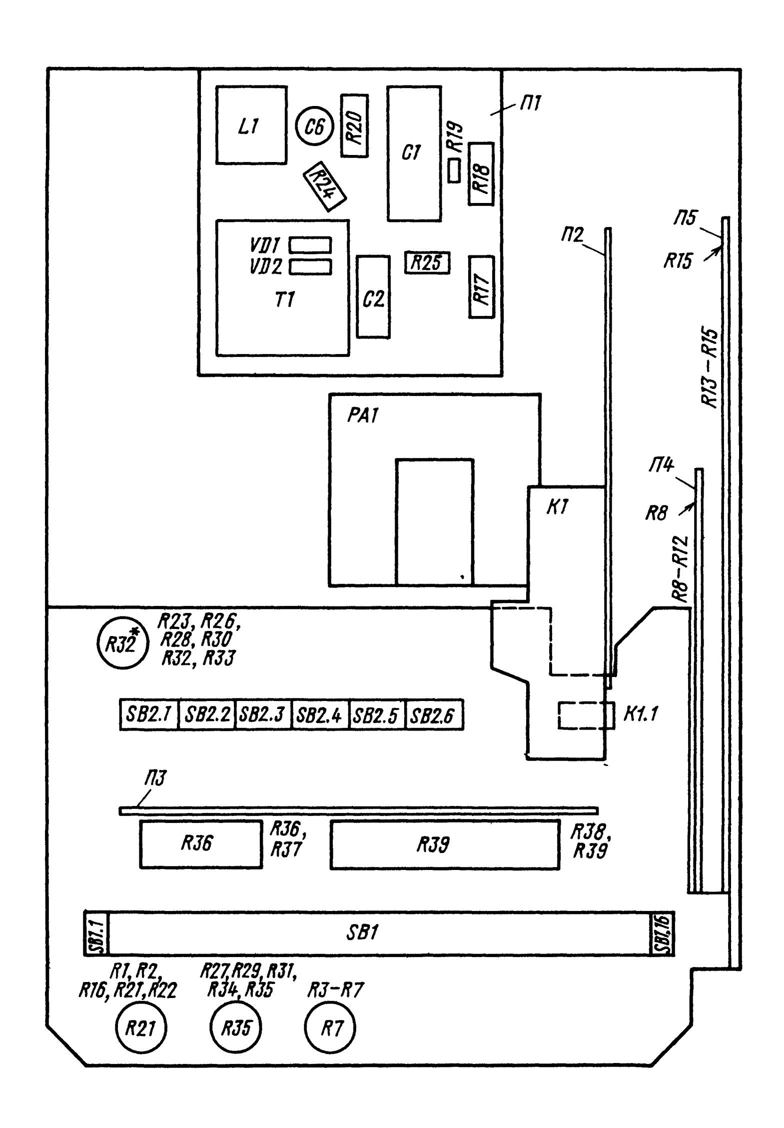


Рис 42 Схема расположения элементов ампервольтметра Ц4311

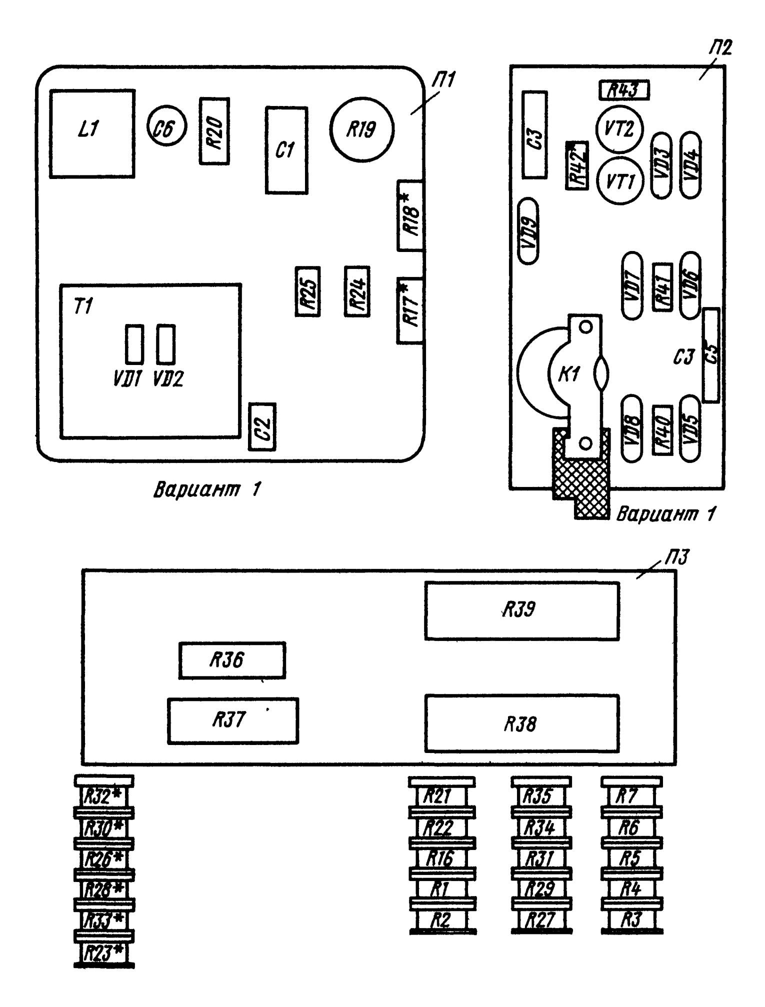


Рис. 43. Схема расположения элементов на платах П1—П3 и резисторных сборках ампервольтметра Ц4311

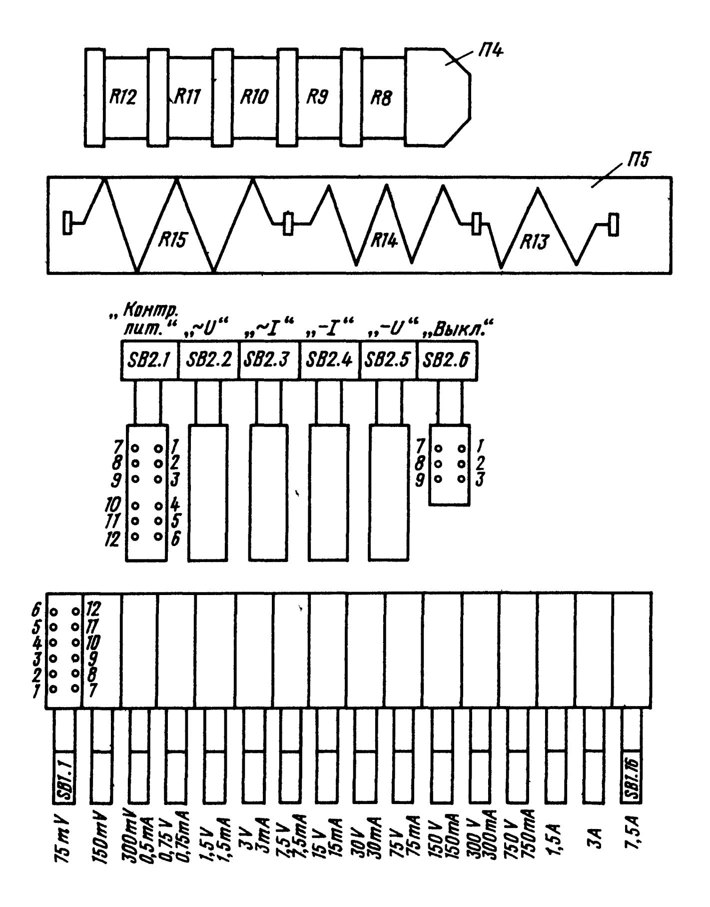


Рис. 44. Схема расположения элементов на платах П4, П5, расположение секций и контактов переключателей SB1 и SB2 ампервольтметра Ц4311

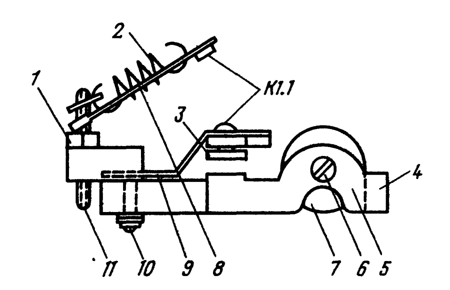


Рис. 45. Кинематическая схема автовыключателя:

1 — фиксирующая гайка, 2 — пружина, 3 — якорь, 4 — постоянный магнит, 5 — корпус (магнитопровод), 6 — винт крепления обмотки реле, 7 — обмотка реле, 8 — пластина подвижного контакта, 9 — пружинящая пластина якоря, 10 — регулировочный винт пружинящей пластины яко ря, 11 — регулировочный винт

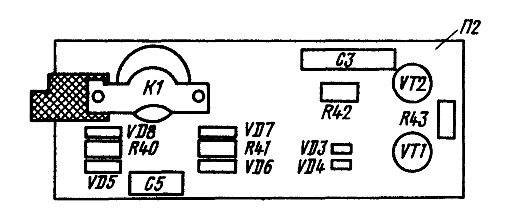


Рис. 46. Схема расположения элементов на плате А2 ампервольтметра Ц4311 (вариант 2)

Предел измерений	Номера контактов задействованного переключателя предела измерений								Номера нормально замкнутых контактов, входящих в измерительную цепь																			
									SB1.5				SB1.4				SB1.3				SB1.2				SB1.1			
	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11
750 V				X				X		X						X	X	X			X		X		X		X	
300 V				X				X		X						X	X	X			X		X		X		X	
150 V				X				X		X						X	X	X			X		X		X		X	
75 V				X				X		X						X	X	X			X		X		X		X	
30 V				X				X		X						X	X	X			X		X		X		X	
15 V				X				X		X						X	X	X			X		X		X		X	
7,5 V				X				X		X						X	X	X			X		X		X		X	
3 V				X				X		X						X	X	X			X		X		X		X	
1,5 V				X				X									X	X			X		X		X		X	
0,75 V				X				X									X	X			X		X		X		X	
-300 mV		X		X				X													X		X		X		X	
-150 mV		X		X		X		X									X	X							X		X	
- 75 mV		X		X		X		X									X	X			X		X					
7,5A		X		X		X		X		X						X	X	X			X		X		X		X	
3 A		X		X		X		X		X						X	X	X			X		X		X		X	
1,5A		X		X		X		X		X						X	X	X			X		X		X		X	
0,75A		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
0,3A		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
0,15A		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
75 mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
30 mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
15 mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
7,5mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
3 mA		X				X				X						X	X	X			X		X		X		X	
1,5mA		X				X											X	X			X		X		X		X	
-0,75mA		X				X											X	X			X		X		X		X	
-300 μA		X				X															X		X		X		X	

Рис. 47. Матрица замыкания контактов переключателя пределов измерения ампервольтметра Ц4311

Род работы	Номера контактов переключателя рода работы								Номера нормально замкнутых контактов измерительной цепи															
									SB2.1				SB2.5				SB2.4				Sb2.2			
	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11	1-2	4-5	7-8	10-11
„=U" SB2.5		X		X		X		X	X											X		X	X	X
„–I" SB2.4		X		X		X		X	X							X								
„~I" SB2.3		X		X		X		X	X					X		X		X		X				
„~U" SB2.2		X		X		X		X	X				X	X		X		X		X				
„Выкл." SB2.1		X				X																		
„К.П." SB2.6		X				X																		

Рис. 48. Матрица замыкания контактог переключателя рода работы ампервольтметра Ц4311

Пределы			Элементы																													
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20,C6	R21	R22	R23	R24,C1	R25	R26	R27	R28	R29	R30
„–“	V	750	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		300	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		150	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		75	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		30	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		15	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		7,5	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		3	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×										×	
		1,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×				×				×			
	mV	750	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×				×							
		300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×			×								
		150	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×		×									
		75	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×											
„~“	V	750					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		300					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		150					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		75					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		30					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		15					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		7,5					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		3				⊗	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×				⊗	⊗
		1,5				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×	⊗	⊗			
		0,75				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×			⊗		
„–“	A	7,5	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	×	×	×	×											
		3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	×	×	×	×											
		1,5	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	×	×	×	×											
		0,75	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	×	×	×	×											
		0,3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		0,15	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
	mA	75	×	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		30	×	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		15	×	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		7,5	×	×	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		3	×	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		1,5	×	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×											
		0,75	×	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											
		0,30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×											
„~“	A	7,5				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+					×				×	×					
		3				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+					×				×	×					
		1,5				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+					×				×	×					
		0,75				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+					×				×	×					
		0,3				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+					×				×	×					
		0,15				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
	mA	75				⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		30				⊗	⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		15				⊗	⊗	⊗	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		7,5				⊗	⊗	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					
		3				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×				×	×					

Рис 49 Карта электрических цепей ампервольтметра Ц4311

⊗ — цепи трансформатора Т1 З — цепи защиты

										ЗВ2.5							ЗВ2.4						ЗВ2.3			ЗВ2.2							
R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R39	VD1, VD2	1–2	2–3	4–5	5–6	8–9	10–11	11–12	2–3	4–5	5–6	8–9	10–11	11–12	2–3	8–9	11–12	2–3	4–5	5–6	7–8	8–9	10–11	L.R	T.C2
×			×	×	×	×	×	×					×	×		З					×						×						
×			×	×	×	×	×						×	×		З					×						×						
×			×	×	×	×							×	×		З					×						×						
×			×	×	×								×	×		З					×						×						
×			×	×									×	×		З					×						×						
×			×										×	×		З					×						×						
×													×	×		З					×						×						
													×	×		З					×										×		
													×	×		З					×								×				
											×		×	×		З					×												
													×	×		З					×												
													×	×		З					×												
													×	×		З					×												
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	×			×			З			З			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗		×			×			З			З			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗			×			×			З			З			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗				×			×			З			З			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗	⊗					×			×			З			З			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗	⊗						×			×			З			З			×					⊗		⊗				×	×
⊗	⊗	⊗							×			×			З			З			×					⊗		⊗				×	×
⊗		⊗							×			×			З			З			×					⊗		⊗				×	×
		+							×			×			З			З			×					⊗		+		O		×	×
		+							×	⊗		×			З			З			×					⊗		+				×	×
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	+		З	+		×											
																	×		З	×		×											
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×
		⊗							×						З			З					+	+	⊗							×	×

Таблица 20 **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4311**

Позиционное обозначение	Наименование	Число шт	Примечание
	Резисторы		
R1, R2	400±0,2 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	
R3	200±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R4	80±0,04 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R5, R6	40±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,2	2	Намотка бифилярная
R7	20±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	То же
R8	12±0,006 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	Шунт
R9	4±0,002 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	»
R10	2±0,001 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	»
R11	1,2±0,0006 Ом, провод ПЭМС 0,6	1	»
R12	0,4±0,0002 Ом, провод ПЭМС 0,8	1	»
R13	0,2±0,0001 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R14	0,12±0,00006 Ом, лист МнМц-3-12 0,5	1	»
R15	0,08±0,00005 Ом, лист МнМц-3-12 0,5	1	»
R16	550±0,27 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R17*	До 180 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R18*	До 50 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R19	ММТ 8-62 Ом ±10 %	1	
R20	240±2,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R21	218,8±0,11 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R22	750±0,37 Ом, провод ПЭМС 0,08	1	
R23	1020±0,51 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R24*	МЛТ-0,5-(0,5.. 1,2) кОм	1	
R25	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±10 %	1	
R26*, R28*	До 450 Ом, ПЭМС 0,1	2	Намотка бифилярная
R27	1500±0,75 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	То же
R29	487±0,24 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	»
R30*	До 35 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R31	2320±1,15 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R32*	До 100 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R33*	До 180 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R34	2500±1,25 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R35	5000±2,5 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R36	МрГЧ-0,25-15 кОм ±0,05 %	1	
R37	МрГЧ-0,5-25 кОм ±0,05 %	1	
R38	МрГЧ-1-50 кОм ±0,05 %	1	
R39	МрГЧ-1-75 кОм ±0,05 %	2	Соединены последовательно
R40, R41	МЛТ-0,5-2 кОм ±5 %	2	
R42*	МЛТ-0,5 (до 150) кОм	1	
R43, R44	МЛТ-0,5-15 кОм ±10 %	2	
	Диоды		
VD1, VD2 VD7, VD8	Д9Д	4	
VD3—VD6	Д220	4	Допускается замена на Д220А, Д220Б, Д219

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Транзисторы		
VT1	МП37Б		Допускается замена на МП36А
VT2	П41		
	Конденсаторы		
C1	МБМ-160-1,0-П-1 мкФ	1	
C2	КСО-5-500-Б-2700 пФ ±5 %	1	
C3	К50-3-6 мкФ	1	
C5	БМТ-2-400-0,01 ±10 %	1	
C6	К50-6-6-100 мкФ	1	Допускается замена К50-6-15-100 мкФ
	Трансформатор		
T1	Обмотка I 2100 витков провода ПЭС-1 0,08 Обмотка II 2100 витков провода ПЭС-1 0,08 Обмотка III 524 витка провода ПЭС-1 0,12 Обмотка IV 130 витков провода ПЭС-1 0,12 Обмотка V 656 витков провода ПЭС-1 0,12	1	
L1	1000 витков провода ПЭС-1 0,2	1	
K1	1800 витков провода ПЭВ-1 0,2	1	

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4312

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...10 000 Гц и сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 21—24 и на рис. 50—53.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжений 667 Ом/В. Рабочий температурный интервал 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С), а для тропического исполнения (Ц4312Т) — 5...45 °С, относительная влажность до 95 % (при температуре 35 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр-2ОМ-0,5 при натяжении 55±5 г. Ток полного отклонения 300 мкА, сопротивление рамки 50 Ом. Рамка содержит 100...

Таблица 21. **Основные технические параметры встроенного в прибор ампервольтметра постоянного тока**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
900	1,5	6 А	0,5	30	1,5	15 мА	0,31
600	1,5	1,5 А	0,4	7,5	1,5	6 мА	0,3
300	1,5	0,6 А	0,38	1,5	0,3	1,5 мА	0,25
150	1,5	0,15 А	0,35	0,3	0,3	0,3 мА	0,075
60	1,5	60 мА	0,32	0,075	0,3		

Примечание Основная погрешность ±1 %

Таблица 22. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц
900	1,5	45..1000	30	1,5	45...10 000
600	1,5	45 .1000	7,5	1,5	45...10 000
300	1,5	45...2000	1,5	0,9	45...10 000
150	1,5	45...2000	0,3	4,5	45...10 000
60	1,5	45...2000			

Примечания 1 Основная погрешность ±1,5 % 2 Номинальная частотная область 45 60 Гц

Таблица 23 **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток	6 А	1,5 А	0,6 А	0,15 А	60 мА	15 мА	6 мА	1,5 мА
Падение напряжения, В	0,5	0,4	0,38	0,35	0,3	0,25	0,08	0,6

Примечания 1 Основная погрешность ±1,5 % 2 Номинальная частотная область 45 60 Гц 3 Расширенная частотная область 45 10 000 Гц

Таблица 24. **Основные технические параметры встроенного в прибор омметра**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм
Ω	200 Ом	22	3,7...4,7	54
kΩ×1	3 кОм	20	3,7...4,7	
kΩ×10	30 кОм	2	3,7...4,7	63
kΩ×100	300 кОм	0,7	11...14	
MΩ	3 МОм	0,8	120...160	

Примечание Основная погрешность ±1 %

120 витков привода ПЭВ-1 0,06. В приборе используется встроенная батарея питания КБС-Л-0,5 или 3336, 3336Л.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R16, R31, R33, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 25).

Суммарное сопротивление измерительного механизма $R_и$ и резистора R33 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R33 = \{[250 + 0,004(t - 20)R_и] \pm 0,25\},$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С.

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора: R32 — при измерении переменного тока на одном из пределов от 6 мА до 6 А, а R31, R16 — при измерении переменного напряжения на пределах 1,5 и 7,5 В соответственно.

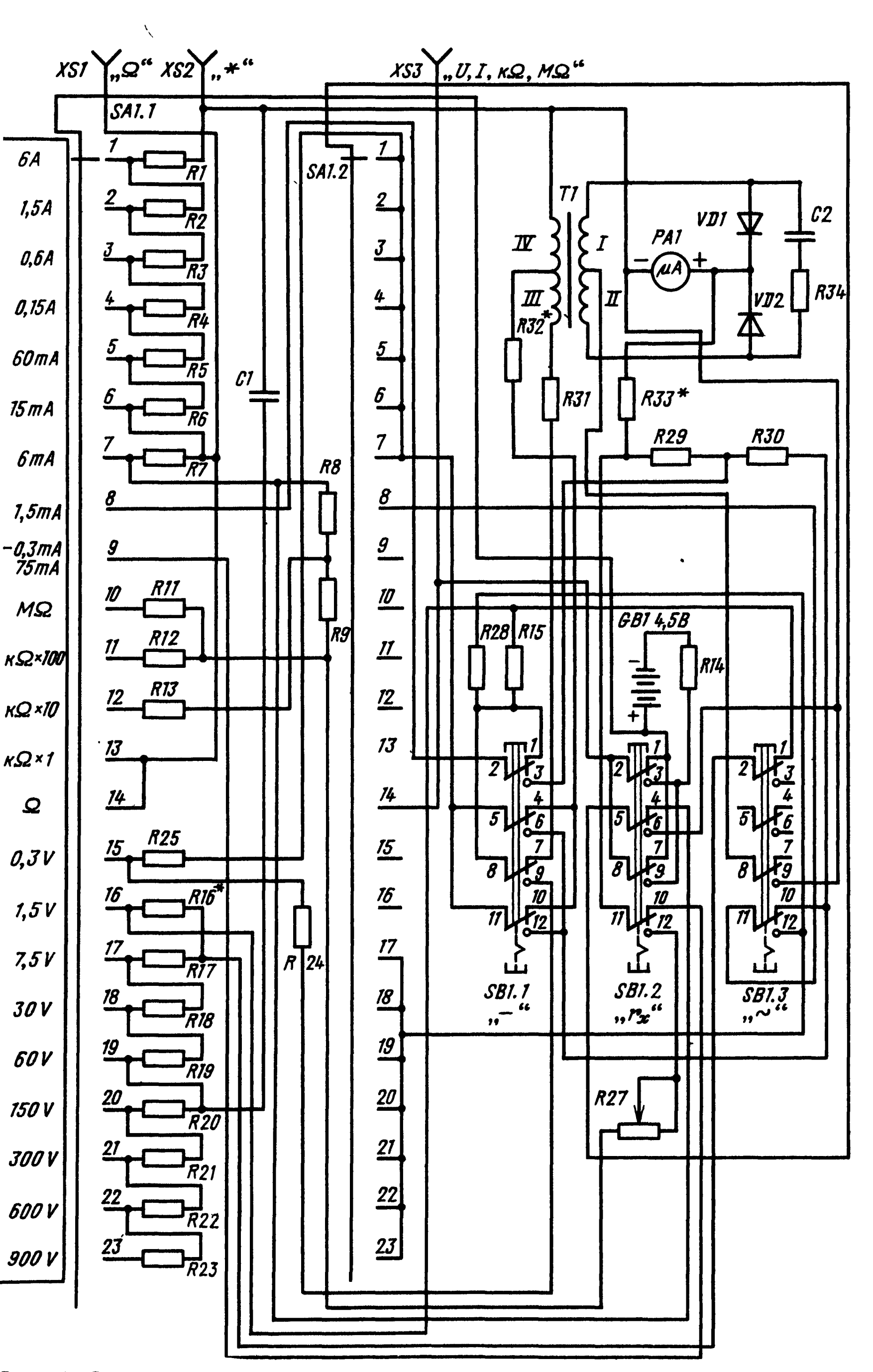


Рис. 50. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4312

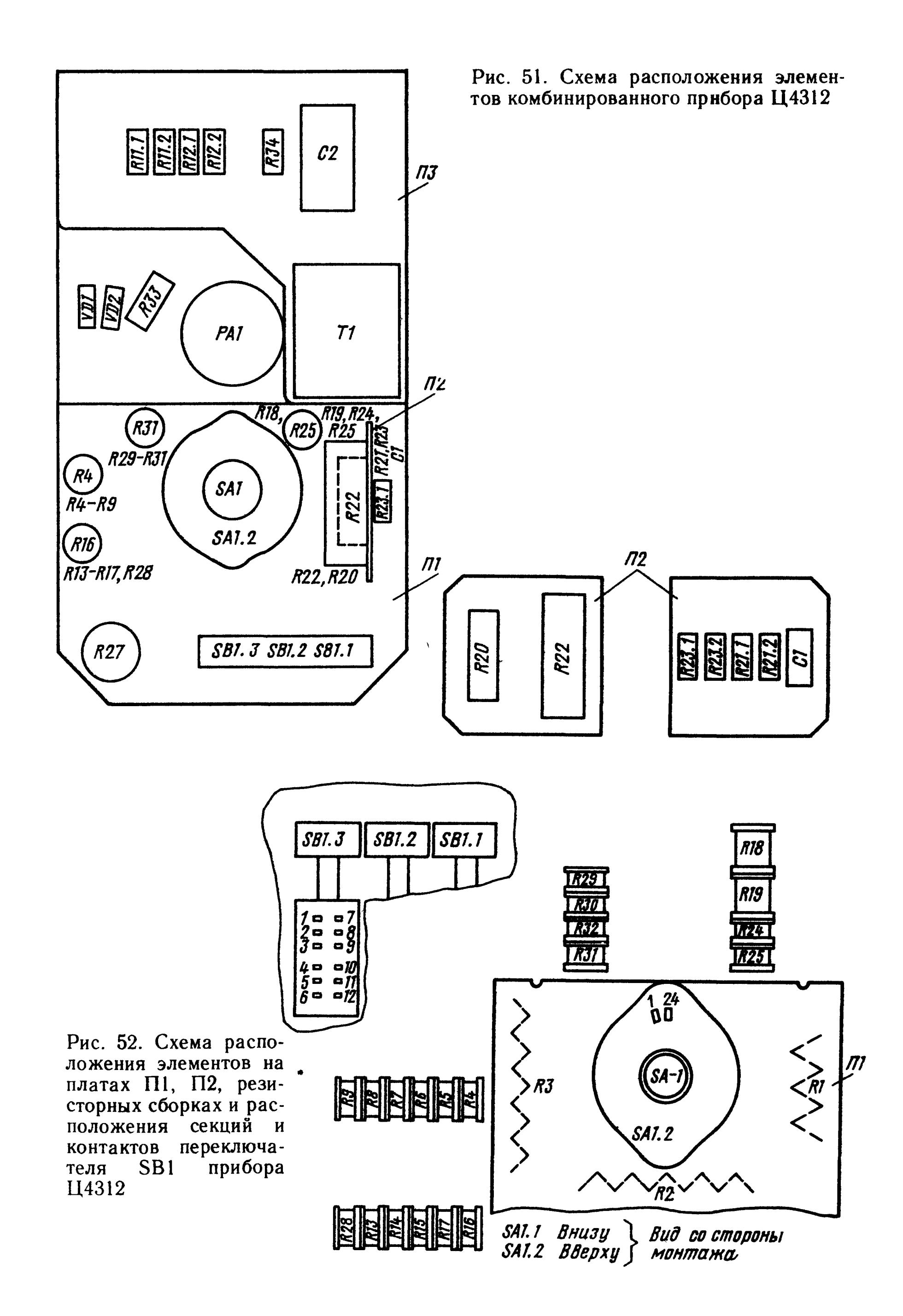


Рис. 51. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4312

Рис. 52. Схема расположения элементов на платах П1, П2, резисторных сборках и расположения секций и контактов переключателя SB1 прибора Ц4312

Пределы			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34, C2
„–“	V	900	○	○	○	○	○	○	○							×		×	×	×	×	×	×	×	×	×		○	×	×			×	
„–“	V	600	○	○	○	○	○	○	○							×		×	×	×	×	×	×		×	×		○	×	×			×	
„–“	V	300	○	○	○	○	○	○	○							×		×	×	×	×	×			×	×		○	×	×			×	
„–“	V	150	○	○	○	○	○	○	○							×		×	×	×	×				×	×		○	×	×			×	
„–“	V	60	○	○	○	○	○	○	○							×		×	×	×					×	×		○	×	×			×	
„–“	V	30	○	○	○	○	○	○	○							×		×	×						×	×		○	×	×			×	
„–“	V	7,5	○	○	○	○	○	○	○							×		×							×	×		○	×	×			×	
„–“	V	1,5														×									×	×			×	×			×	
„–“	V	0,3																								×			×	×			×	
„~“	V	900	○	○	○	○	○	○	○							⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗				○			⊗			×
„~“	V	600	○	○	○	○	○	○	○							⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗					○			⊗			×
„~“	V	300	○	○	○	○	○	○	○							⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗						○			⊗			×
„~“	V	150	○	○	○	○	○	○	○							⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗							○			⊗			×
„~“	V	60	○	○	○	○	○	○	○							⊗	⊗	⊗	⊗	⊗								○			⊗			×
„~“	V	30	○	○	○	○	○	○	○							⊗	⊗	⊗	⊗	⊙								○			⊗			×
„~“	V	7,5	○	○	○	○	○	○	○							⊗	⊗	⊗	⊙	⊙								○			⊗			×
„~“	V	1,5														⊗	⊙	⊙	⊙	⊙											⊗			×
„~“	V	0,3																								⊗						⊗		×
„–“	mV	75																															×	
„–“	A	6	+	×	×	×	×	×	×																				×	×			×	
„–“	A	1,5	+	+	×	×	×	×	×																				×	×			×	
„–“	A	0,6	+	+	+	×	×	×	×																				×	×			×	
„–“	A	0,15	+	+	+	+	×	×	×																				×	×			×	
„–“	mA	60	+	+	+	+	+	×	×																				×	×			×	
„–“	mA	15	+	+	+	+	+	+	×																				×	×			×	
„–“	mA	6	+	+	+	+	+	+	+																				×	×			×	
„–“	mA	1,5	+	+	+	+	+	+	+																				×	+			×	
„–“	mA	0,3																															×	
„~“	A	6	+	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗																							⊗		×
„~“	A	1,5	+	+	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗																							⊗		×
„~“	A	0,6	+	+	+	⊗	⊗	⊗	⊗																							⊗		×
„~“	A	0,15	+	+	+	+	⊗	⊗	⊗																							⊗		×
„~“	mA	60	+	+	+	+	+	⊗	⊗																							⊗		×
„~“	mA	15	+	+	+	+	+	+	⊗																							⊗		×
„~“	mA	6	+	+	+	+	+	+	+																							⊗		×
„~“	mA	1,5	○	○	○	○	○	○	○																			○			⊗			×
MΩ			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+												×						×	
кΩ		×100	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+												×						×	
кΩ		×10	+	+	+	+	+	+	+	+	×			+	+												×						×	
кΩ		×1	+	+	+	+	+	+	×	×	×				+												×						×	
Ω			+	+	+	+	+	+	×	×	×				+												×						×	

Пределы			VD1, VD2	GB1	T1	SA1.1	SA1.2	SB1.1								SB1.2								SB1.3				C1
								1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	8-9	10-11	11-12	
„–“	V	900				23	(23)				×		×		×	×		○		×				×				
„–“	V	600				22	(22)				×		×		×	×		○		×				×				
„–“	V	300				21	(21)				×		×		×	×		○		×				×				
„–“	V	150				20	(20)				×		×		×	×		○		×				×				
„–“	V	60				19	(19)				×		×		×	×		○		×				×				
„–“	V	30				18	(18)				×		×		×	×		○		×				×				
„–“	V	7,5				17	(17)				×		×		×	×		○		×				×				
„–“	V	1,5				16					×		×		×	×				×								
„–“	V	0,3				15					×				×	×				×								
„~“	V	900	×		×	23	(23)					⊗				⊗		○		⊗					×			⊙
„~“	V	600	×		×	22	(22)					⊗				⊗		○		⊗					×			⊙
„~“	V	300	×		×	21	(21)					⊗				⊗		○		⊗					×			⊙
„~“	V	150	×		×	20	(20)					⊗				⊗		○		⊗					×			⊙
„~“	V	60	×		×	19	(19)					⊗				⊗		○		⊗					×			⊙
„~“	V	30	×		×	18	(18)					⊗				⊗		○		⊗					×			⊙
„~“	V	7,5	×		×	17	(17)					⊗				⊗		○		⊗					×			⊙
„~“	V	1,5	×		×	16						⊗				⊗				⊗					×			⊙
„~“	V	0,3	×		×	15				⊗				⊗		⊗				⊗					×			
„–“	mV	75														×				×		×				×		
„–“	A	6				1	1				×				×	+		×		+								
„–“	A	1,5				2	2				×				×	+		×		+								
„–“	A	0,6				3	3				×				×	+		×		+								
„–“	A	0,15				4	4				×				×	+		×		+								
„–“	mA	60				5	5				×				×	+		×		+								
„–“	mA	15				6	6				×				×	+		×		+								
„–“	mA	6				7	7				×				×	+		×		+								
„–“	mA	1,5				8	8		+							+		+		+		+				+		
„–“	mA	0,3														×				×		×				×		
„~“	A	6	×		×	1	1			⊗				⊗		+		⊗		+					×			
„~“	A	1,5	×		×	2	2			⊗				⊗		+		⊗		+					×			
„~“	A	0,6	×		×	3	3			⊗				⊗		+		⊗		+					×			
„~“	A	0,15	×		×	4	4			⊗				⊗		+		⊗		+					×			
„~“	mA	60	×		×	5	5			⊗				⊗		+		⊗		+					×			
„~“	mA	15	×		×	6	6			⊗				⊗		+		⊗		+					×			
„~“	mA	6	×		×	7	7			⊗				⊗		+		⊗		+					×			
„~“	mA	1,5	×		×	8	(8)	⊗				⊗				⊗		○		⊗					×		○	
MΩ				+		10											+				+		×					
кΩ		×100		+		11											+				+		×					
кΩ		×10		+		12											+				+		×					
кΩ		×1		+		13											+				+		×					
Ω				+		14	14										+		+		+		×					

Рис 53 Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4312·
⊗ — цепи трансформатора T1, ⊙ — элементы второй параллельной цепи

Таблица 25 **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4312**

Позиционное обозначение	Наименование	Число шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,05±0,00005 Ом, провод МнМц-2-12 0,5	1	Шунт
R2	0,15±0,00015 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	0,3±0,0003 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R4	1,5±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R5	3±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R6	15±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R7	30±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	150±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R9	390±1,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R11	МЛТ-0,5-120 кОм ±10 %	1	Суммарное сопротивление 245,5±1,2 кОм
R12	МЛТ-0,5-12 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 24,1±0,12 кОм
R13	2070±10 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R14	223±1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R15	1000±1 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R16*	До 470 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R17	3200±3,2 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R18	15±0,015 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R19	20±0,02 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R20	МРХ-0,125-60 кОм ±0,05 %	1	Суммарное сопротивление 99,8±0,3 кОм
R21	МЛТ-0,5-51 кОм ±5 %	1	
	МЛТ-0,5-47 кОм ±5 %	1	
R22	МРХ-0,25-200 кОм ±0,05 %	1	Суммарное сопротивление 200±0,6 кОм
R23	МЛТ-0,5-51 кОм ±10 %	1	
	МЛТ-0,5-150 кОм ±10 %	1	
R24	3000±3 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R25	50±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R27	СП3-9а-25-1 кОм ±20 %	1	
R28	950±0,95 Ом, провод 0,08	1	
R29	550±0,55 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R30	150±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R31*	До 4100 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R32*	До 7 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R33*	До 220 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R34	МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9М
	Конденсаторы		
C1	КСО-1-250-330±10 %	1	
C2	БМТ-2-400-0,1 мкФ ±10 %	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Трансформатор		
T1	I и II обмотки ПЭС-1, 0,06, 2000 витков, III обмотка, провод ПЭС-1, 0,1, 600 витков, IV обмотка, провод ПЭС-1, 0,35, 150 витков	1	

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4313

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 26—29 и на рис. 54—57

Входное сопротивление прибора 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В при измерении переменного.

Прибор выпускается в двух модификациях:

Ц4313 — для работы при температуре окружающего воздуха —10. .+40 °С и относительной влажности до 80 %;

Ц4313Т — для работы в помещениях в условиях как сухого, так и влажного тропического климата при температуре окружающего воздуха —5...+45 °С и относительной влажности до 95 %

Таблица 26. **Конечные значения шкал постоянного напряжения тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Напряжение, В	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
600	1500 мА	0,23
300	300 мА	0,2
150	60 мА	0,18
60	15 мА	0,18
30	3 мА	0,18
15	0,6 мА	0,17
7,5	120 мкА	0,12
3	60 мкА	0,075

Примечания 1 Основная погрешность ±1 5 % 2 Ток полного отклонения при напряжении 0,075 В составляет 60 мкА, при остальных напряжениях 50 мкА

Таблиц 27. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
600	0,5	45 ..200	45. 500
300	0,5	45...500	45 . 1000
150	0,5	45 . 1000	45.. 2000
60	0,5	45 2000	45 . 5000
30	0,5	45 2000	45 . 5000
15	0,5	45 2000	45 . 5000
7,5	0,6	45 2000	45 . 5000
3	5	45 2000	45 . 5000
1,5	5	45 2000	45 . 5000

Примечание Основная погрешность ±2,5 %

Таблица 28. **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток, мА	1500	300	60	15	3	0,6
Падение напряжения, В	0,95	0,92	0,9	0,9	0,87	0,7

Примечания 1 Основная погрешность ±2,5 % 2 Номинальная частотная область 45 2000 Гц 3 Расширенная частотная область 45 5000 Гц

Таблица 29. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Основная погрешность, %
Ω×1	500 Ом	70	3,7. 4,7	±1,0
Ω×10	5000 Ом	7	3,7.. 4,7	
Ω×100	50 000 Ом	0,7	3,7...4,7	±1,5
kΩ×1	500 кОм	0,07	3,7 ..4,7	
kΩ×10	5000 кОм	0,07	33...43	
C_x	500 пФ	4	190...245 50±1 Гц	±2,5
dB	—10 . +12	0,5 5	—	±2,5

Примечание Длина рабочей части шкалы 62 мм

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,25 при напряжении 40±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 42,5 мкА, сопротивление подвижной рамки 632±3 Ом; она содержит 400 витков провода ПЭВ-1 0,05 Прибор питается от встроенной батареи КБС-Л-0,5 (3336), тропический вариант — от батареи 4,1—0,7 Т.

При измерении на пределе 3 В относительный уровень переменного напряжения отсчитывают непосредственно по шкале dB. При переходе на другие пределы измерения переменного напряжения к показанию прибора необходимо алгебраически прибавить числа, указанные в табл. 30.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R33 и R35, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 31). Резистор R35 служит для подгонки показаний прибора на постоянном токе. Суммарное сопротивление измерительного механизма $R_и$ и резистора R35 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R35 = \{[635 + 0{,}004(t - 20)R_и] \pm 3\},$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С

На переменном токе прибор подгоняют изменением сопротивления резистора R33 на наименьшем пределе

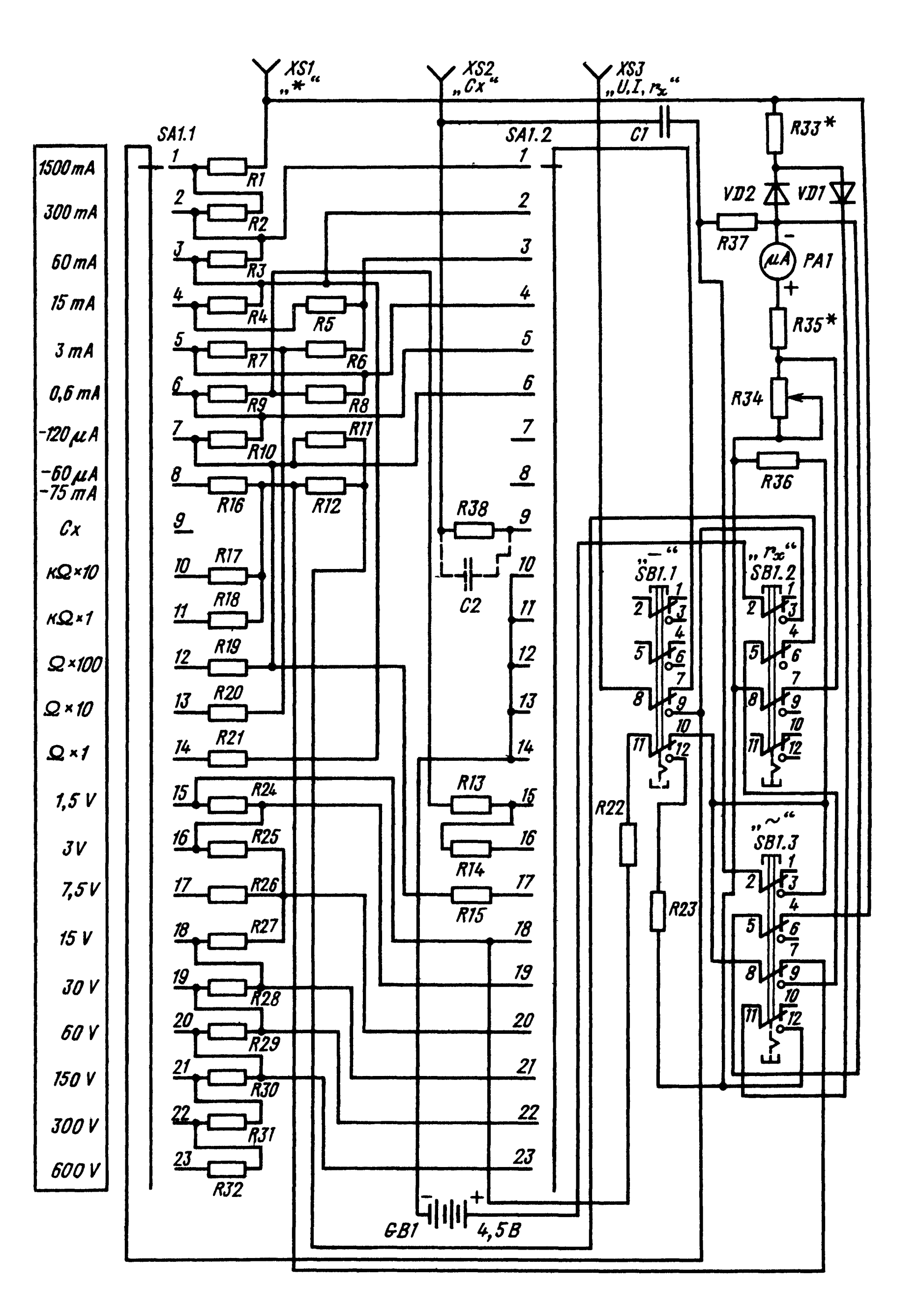


Рис 54 Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4313

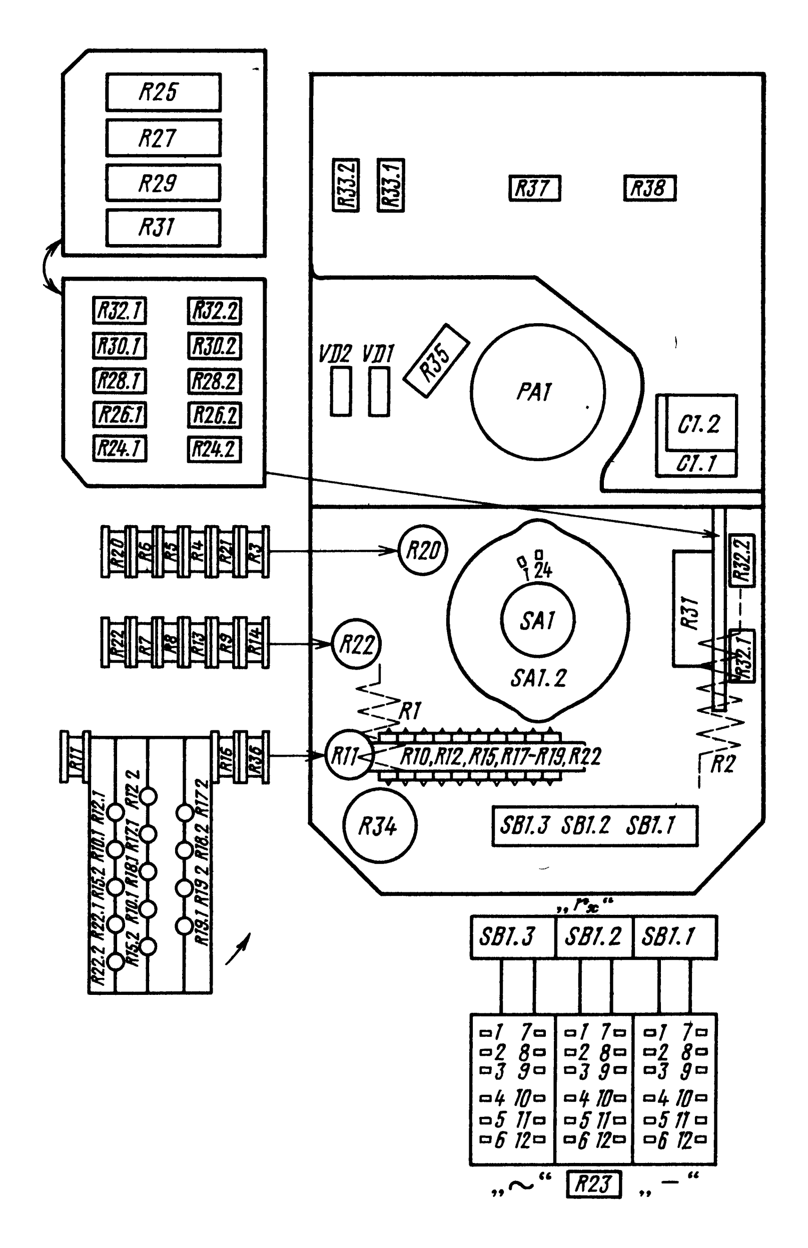


Рис 55 Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4313 (вариант 1)

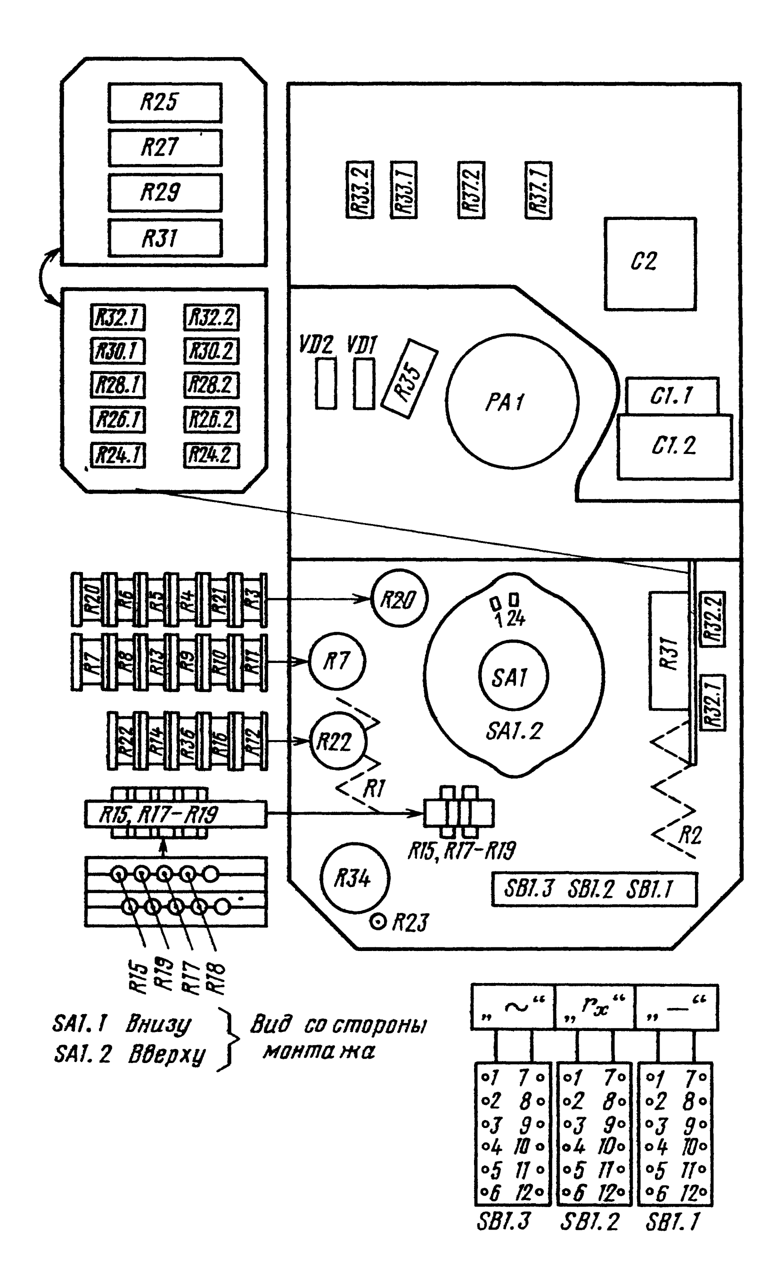


Рис 56 Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4313 (вариант 2)

Пределы			Элементы																																									SB1.1				SB1.2			SB2.3					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38(C2)	GB1	VD1,VD2	SA1.1	SA1.2	7-8	8-9	10-11	11-12	2-3	4-5	7-8	2-3	4-5	7-8	8-9	11-12	C1
„–“	V	600	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×		×	×	×	×	×	×			×	o					23			×		×			×		×	o			
		300	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×		×	×	×	×	×				×	o					22			×		×			×		×	o			
		150	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×		×	×	×	×					×	o					21			×		×			×		×	o			
		60	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×		×	×	×						×	o					20			×		×			×		×	o			
		30	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×		×	×							×	o					19			×		×			×		×	o			
		15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×		×								×	o					18			×		×			×		×	o			
		7,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×	×	×									×	o					17			×		×			×		×	o			
		3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×	×											×	o					16			×		×			×		×	o			
		1,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o										×	×												×	o					15			×		×			×		×	o			
„~“	V	600	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											×		×	×		×	×	×				×		×	×	×			×		23	×		×			+	×	×			×	×	
		300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											×		×	×		×	×					×		×	×	×			×		22	×		×			+	×	×			×	×	
		150	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											×		×	×		×						×		×	×	×			×		21	×		×			+	×	×			×	×	
		60	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											×		×	×								×		×	×	×			×		20	×		×			+	×	×			×	×	
		30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											×		×									×		×	×	×			×		19	×		×			+	×	×			×	×	
		15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											×											×		×	×	×			×		18	×		×			+	×	×			×	×	
		7,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×				×																		×		×	×	×			×		17	×					×	×	×			×	×	
		3(dB)	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×		×	×																			×		×	×	×			×		16	×					×	×	×			×	×	
		1,5	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×		×																				×		×	×	×			×		15	×					×	×	×			×	×	
„–“	mV	75	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o				×																			×	×					8			×					×		×	×			
„–“	mA	1500	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×																							×	×					1			+					×		×	×			
		300	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×																							×	×					2			+					×		×	×			
		60	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×																							×	×					3			+					×		×	×			
		15	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×																							×	×					4			+					×		×	×			
		3	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×																							×	×					5			+					×		×	×			
		0,6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×																							×	×					6			+					×		×	×			
	μA	120	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×																							×	×					7			+					×		×	×			
		60	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o																							×	×					8			×					×		×	×			
„~“	mA	1500	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×																						×		×	×	×			×		1	+					×	×	×			×	×	
		300	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×																						×		×	×	×			×		2	+					×	×	×			×	×	
		60	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×																						×		×	×	×			×		3	+					×	×	×			×	×	
		15	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																						×		×	×	×			×		4	+					×	×	×			×	×	
		3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×																						×		×	×	×			×		5	+					×	×	×			×	×	
		0,6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×																						×		×	×	×			×		6	+					×	×	×			×	×	
Ω		×1	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×									+													×	×	×			+		14	14	+				+				×	×			
		×10	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×								+														×	×	×			+		13	13	+				+				×	×			
		×100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×							+															×	×	×			+		12	12	+				+				×	×			
кΩ		×1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o						×																×	×	×			×		11	11	×				×				×	×			
		×10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×																	×	×	×			×		10	10	×				×				×	×			
nF																																			×	×	×	×	×	+		×		9	+							×				×	×

Рис. 57. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4313

Таблица 30. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	1,5	3	7,5	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—6	0	8	14	20	26	34	40	46

Таблица 31. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4313**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,12±0,0002 Ом, провод МнМц-3-11	1	Шунт
R2	0,48±0,0009 Ом, провод МнМц-3-11	1	»
R3	2,4±0,004 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R4	9,00±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R5	3,00±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R6	15,00±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R7	30,00±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R8, R9	120±0,2 Ом, провод ПЭМС 0,15	2	
R10, R12	1200±2 Ом, провод ПЭМС 0,05	2	
R11, R14	300±1 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	
R13	125±0,3 Ом, провод ПЭМС 0.15	1	
R15	МЛТ-0,5-5,6 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 11,36±0,04 кОм
R16	375±0,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R17	МЛТ-0,5-360 кОм ±5 %	1	Суммарное спопротивление 582,7±3,0 кОм
	МЛТ-0,5-220 кОм ±5 %	1	
R18	МЛТ-0,5-27 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 57,2±0,3 кОм
	МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %	1	
R19	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 5,56±0,03 кОм
	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R20	550±2,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R21	51±0,25 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R22	28,72±0,03 кОм, провод ПЭМС 0,25	1	
R23	МЛТ-0,5-750 кОм ±5 %	1	
R24	МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 30±0,09 кОм
R25	МВСГ-0,12-0,1-60 кОм	1	
R26	МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 30±0,09 кОм
R27	МВСГ-0,12-0,1-180 кОм	1	
R28	МЛТ-0,5-150 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 300±1 кОм
R29	МВСГ-0,25-0,1-600 кОм	1	
R30	МЛТ-0,5-910 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1800±5,4 кОм
R31	МВСГ-0,12-0,1-3 МОм	1	
R32	МЛТ-0,5-3 МОм	2	Суммарное сопротивление 6±0,0018 МОм

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R33	2...3 кОм, провод ПЭМС 0,5		
R34	СП3-9а-25-2,2 кОм ±20 %	1	
R35	Подгоночный, провод ПЭМС 0,05	1	$R_и$+R35=635±3 Ом
R36	600±1 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R37	МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 600±2 Ом
	Конденсаторы		
C1*	КБГ-И-2-400-0,05 ±5 %	1	Суммарная емкость 54 700±1100 пФ
	КСО-5-500-4700 ±5 %	1	
C2*	КСО-5-500-3600 ±5 %	1	Суммарная емкость 3700±70пФ
	КСО-2-500-100 ±5 %	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9Д

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ф4313

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и уровня передачи переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 32—34 и на рис. 58—61

Напряжение питания автовыключателя составляет 6,4...8,3 В.

Входное сопротивление $R_{вх\,N}$ прибора определяют исходя из данных табл. 35 по формуле

$$R_{вх\,N} = U_{Ni}/I_{и\,i},$$

где U_{Ni} — предел измерения; $I_{иi}$ — ток полного отклонения на пределе измерения.

Рабочая температура 10...40 °С, относительная влажность до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПпН23-0,36 с током полного отклонения 40 мкА Сопротивление подвижной рамки, содержащей 550 ..620 витков провода ПЭВ-1 0,05, 600...800 Ом

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 36)

Таблица 32. **Основные технические параметры встроенного в прибор ампервольтметра постоянного тока**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мкА	Ток, мА	Падение напряжения на зажимах, В
1200	104	6000	1
600	52	1200	0,5
300	52	300	0,45
120	52	60	0,4
30	52	12	0,35
6	52	3	0,32
1,2	52	0,6	0,3
0,3	52	0,12	0,25
0,06	52	0,06	0,15

Примечание Основная погрешность ±1,5 %

Таблица 33. **Конечные значения шкал переменного тока и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мкА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
1200	150	45...60	45...100
600	70	45...100	45...200
300	60	45...500	45...1 000
120	54	45...2000	45...5 000
30	54	45...5000	45...10 000
6	54	45...5000	45...10 000
1,2	54	45...5000	45...10 000
0,3	54	45...5000	45...10 000
0,06	54	45...5000	45...10 000

Примечание Основная погрешность ±2,5 %

Таблица 34. **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток, мА	6000	1200	300	60	12	3	0,6	0,12	0,06
Падение напряжения, В	1	0,5	0,45	0,4	0,35	0,32	0,3	0,25	0,15

Примечания 1 Основная погрешность ±2,5 % 2 Номинальная частотная область 45 5000 Гц 3 Расширенная область 45 10 000 Гц

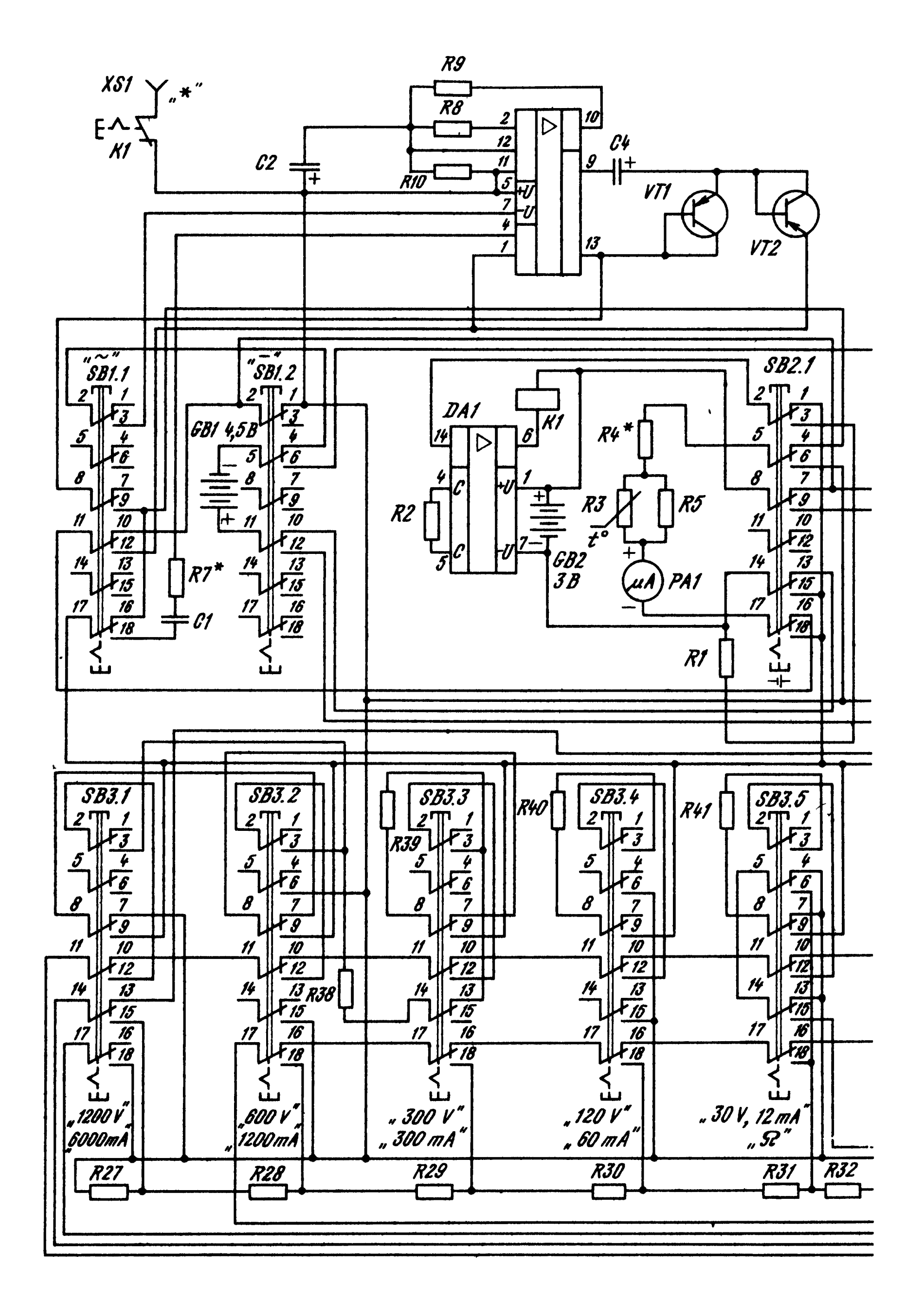
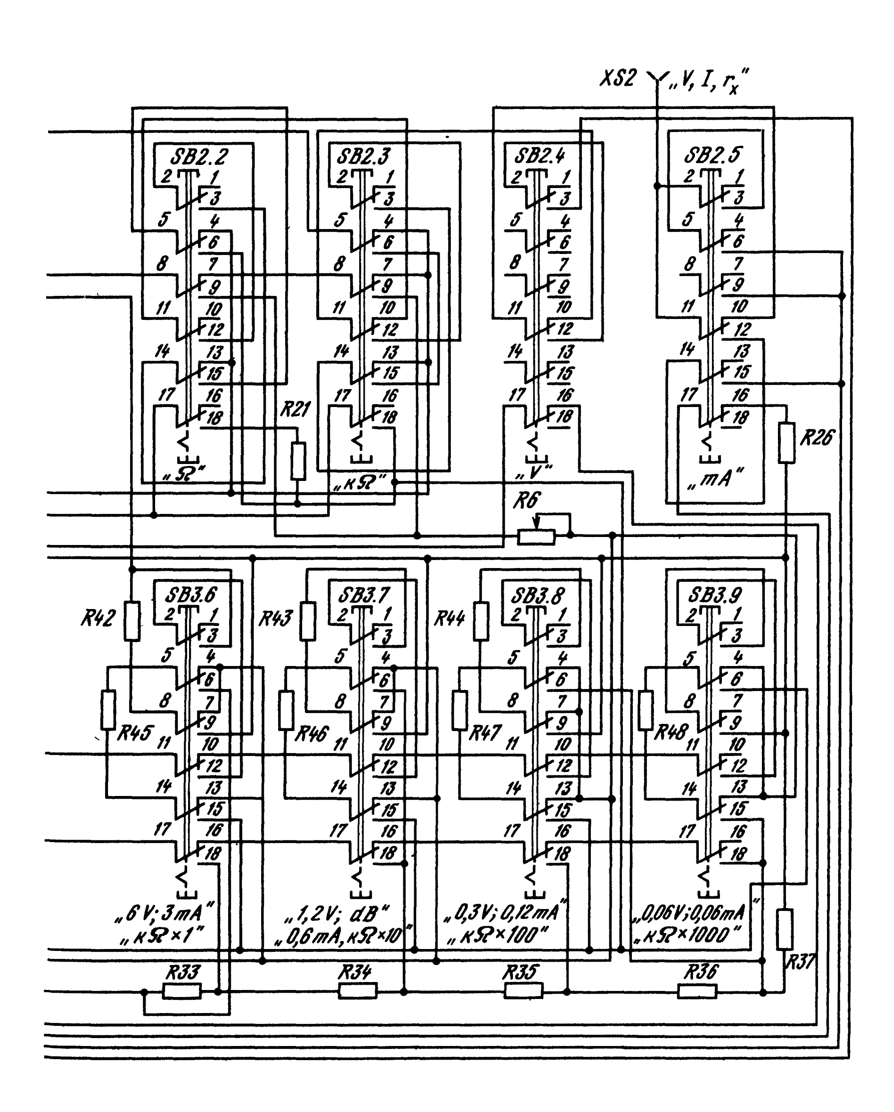


Рис. 58. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ф4313



XS2 „V, I, rx"
SB2.2
SB2.3
SB2.4
SB2.5
„Ω"
„кΩ"
„V"
„mA"
R21
R26
R6
SB3.6
SB3.7
SB3.8
SB3.9
R42
R43
R44
R45
R46
R47
R48
„6 V; 3 mA"
„кΩ×1"
„1,2 V; dB"
„0,6 mA, кΩ×10"
„0,3 V; 0,12 mA"
„кΩ×100"
„0,06 V; 0,06 mA"
„кΩ×1000"
R33
R34
R35
R36
R37

4*

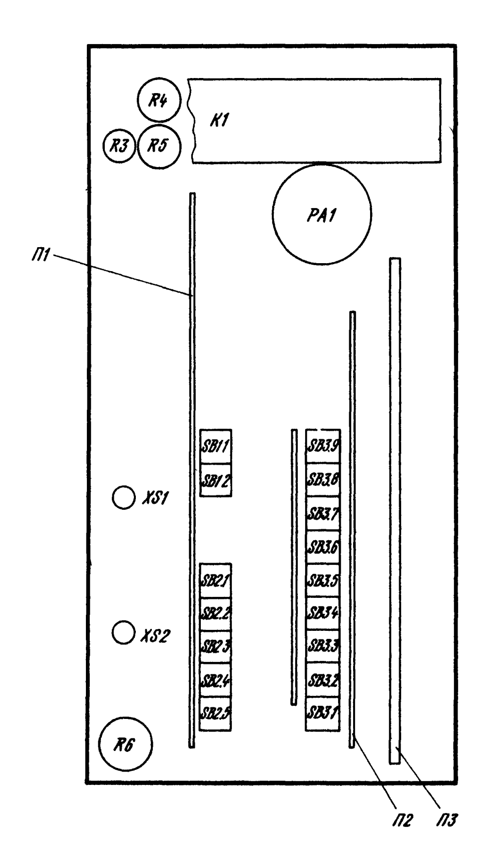


Рис. 59. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ф4313

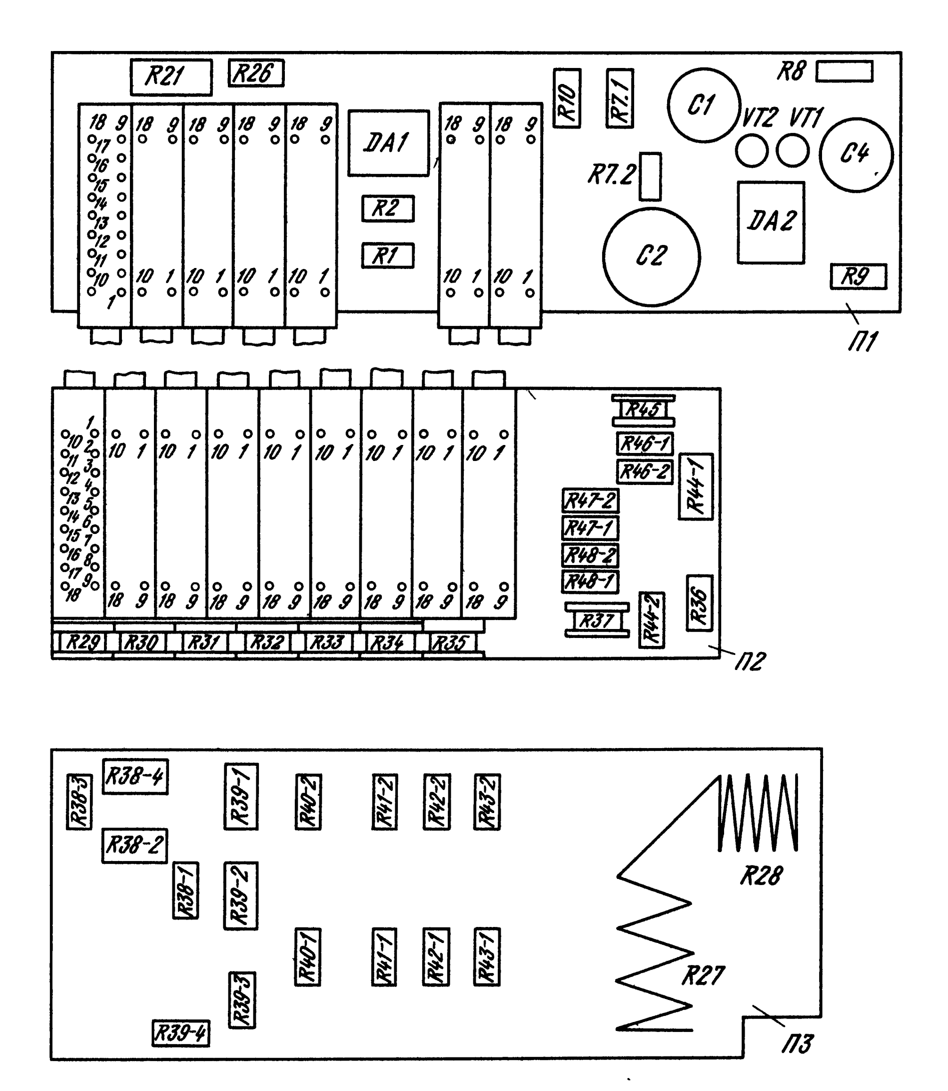


Рис. 60. Схема расположения элементов на платах П1—П3 комбинированного прибора Ф4313

Пределы			Элементы																						
			R1	R2,DA1,K1	R3,R4*,R5*,PA1	R6*	C4,VT1,VT2	R8*,R9,R10,DA2,C1,C2,R7	R21	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37*	R38	R39	R40	R41	R42
V	"–"	1200		3	×					+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×			
		600		3	×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×			
		300		3	×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×			
		120		3	×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o			×		
		30		3	×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o				×	
		6		3	×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×
		1,2		3	×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					
		0,3		3	×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					
		0,06		3	×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					
	"~"	1200		3	⊗		⊗	×		+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×			
		600		3	⊗		⊗	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×			
		300		3	⊗		⊗	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×			
		120		3	⊗		⊗	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o			×		
		30		3	⊗		⊗	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o				×	
		6		3	⊗		⊗	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×
		1,2		3	⊗		⊗	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					
		0,3		3	⊗		⊗	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					
		0,06		3	⊗		⊗	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					
mA	"–"	6000		3	×						+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×					
		1200		3	×						+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×					
		300		3	×						+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×					
		60		3	×						+	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×					
		12		3	×						+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×					
		3		3	×						+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×					
		0,6		3	×						+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×					
		0,12		3	×						+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×					
		0,06		3	×						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×					
	"~"	6000		3	⊗		⊗	×			+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×					
		1200		3	⊗		⊗	×			+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×					
		300		3	⊗		⊗	×			+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×					
		60		3	⊗		⊗	×			+	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×					
		12		3	⊗		⊗	×			+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×					
		3		3	⊗		⊗	×			+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×					
		0,6		3	⊗		⊗	×			+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×					
		0,12		3	⊗		⊗	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×					
		0,06		3	⊗		⊗	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×					
Ω				3	×	×			+		+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×					
kΩ		×1		3	×	×					+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×					
		×10		3	×	×					+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×					
		×100		3	×	×					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×					
		×1000		3	×	×					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×					
Контр пит.			3		×						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×

Рис. 61. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ф4313. При измерении сопротивления включить переключатель SB1.2

Элементы																												
								SB1.1						SB1.2					SB2.1									
R43	R44	R45	R46	R47	R48	GB1	GB2	2-3	8-9	10-11	11-12	16-17	17-18	1-2	4-5	5-6	10-11	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	13-14	14-15	16-17	17-18
							З			×		×							З		×						×	
							З			×		×							З		×						×	
							З			×		×							З		×						×	
							З			×		×							З		×						×	
							З			×		×							З		×						×	
							З			×		×							З		×						×	
×							З			×		×							З		×						×	
	×						З			×		×							З		×						×	
							З			×		×							З		×						×	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
×						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
	×					⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
							З			×		×		×					З		×						×	
							З			×		×		×					З		×						×	
							З			×		×		×					З		×						×	
							З			×		×		×					З		×						×	
							З			×		×		×					З		×						×	
							З			×		×		×					З		×						×	
							З			×		×		×					З		×						×	
							З			×		×		×					З		×						×	
							З			×		×		×					З		×						×	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						⊕	⊕	⊕	⊗		⊗		×	⊕	⊕		⊕		З		⊗		⊕		⊕		⊗	
						+	З			×		×				+		+	З		×						×	
		+				+	З				×	×		+				+	З		×						×	
			+			+	З				×	×		+				+	З		×						×	
				+		+	З				×	×		+				+	З		×						×	
					+	+	З				×	×		+				+	З		×						×	
							×													З		×		×		×		×

Пределы			Элементы																					
			SB2.2									SB2 3										SB2.4			
			2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	11-12	13-14	14-15	17-18	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	13-14	14-15	17-18	2-3	10-11	11-12	16-17
V	"–"	1200				×						×			×							×		×	
		600				×									×							×		×	
		300				×									×							×		×	
		120				×									×							×		×	
		30				×									×							×		×	
		6				×									×							×		×	
		1,2				×									×							×		×	
		0,3				×									×							×		×	
		0,06				×									×							×		×	
	"~"	1200																				×		×	
		600																				×		×	
		300																				×		×	
		120																				×		×	
		30																				×		×	
		6																				×		×	
		1,2																				×		×	
		0,3																				×		×	
		0,06																				×		×	
mA	"–"	6000				×									×										
		1200				×									×										+
		300				×									×										+
		60				×									×										+
		12				×									×										+
		3				×									×										+
		0,6				×									×										+
		0,12				×									×										+
		0,06				×									×										+
	"~"	6000																							
		1200																							+
		300																							+
		60																							+
		12																							+
		3																							+
		0,6																							+
		0,12																							+
		0,06																							+
Ω					×		×	×		×	+		+				×						+		
кΩ		×1				×						+		+		×		+		+	+		+		
		×10				×						+		+		×		+		+	+		+		
		×100				×						+		+		×		+		+	+		+		
		×1000				×						+		+		×		+		+	+		+		
Контр пит.																									

Продолжение рис 61

Элементы																														
SB2.5						SB3.1							SB3.2						SB3.3							SB3.4				
2-5	5-6	10-11	11-12	14-15	16-17	2-3, 11-12	7-8	8-9	10-11	13-14	14-15	17-18	2-3, 11-12	7-8	8-9	10-11	16-17	17-18	2-3, 11-12	7-8	8-9	10-11	13-14	16-17	17-18	2-3, 11-12	8-9	10-11	16-17	17-18
		×			+	×		×				+		×						×			×							
		×							×				×		×					×			×							
		×							×							×			×		×									
		×							×							×						×				×	×			
		×							×							×						×						×		
		×							×							×						×						×		
		×							×							×						×						×		
		×							×							×						×						×		
		×							×							×						×						×		
		×			+	×		×				+		×						×			×							
		×							×				×		×					×			×							
		×							×							×			×		×									
		×							×							×						×				×	×			
		×							×							×						×						×		
		×							×							×						×						×		
		×							×							×						×						×		
		×							×							×						×						×		
		×							×							×						×						×		
+	+		+	+							+																			
+	+		+	+						+								+												
+	+		+	+						+							+								+					
+	+		+	+						+							+							+						+
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+							+																			
+	+		+	+						+								+												
+	+		+	+						+							+								+					
+	+		+	+						+							+							+						+
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+						+							+							+					+	
+	+		+	+						+							+							+					+	
		×																												
		+																												
		+																												
		+																												
		+																												

Пределы			Элементы																			
			SB3.5										SB3.6									
			2-3, 11-12	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	13-14	14-15	16-17	17-18	2-3, 11-12	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	13-14	14-15	16-17	17-18
V	"–"	1200																				
		600																				
		300																				
		120																				
		30	×				×															
		6						×					×				×					
		1,2						×										×				
		0,3						×										×				
		0,06						×										×				
	"~"	1200																				
		600																				
		300																				
		120																				
		30	×				×															
		60						×					×				×					
		1,2						×										×				
		0,3						×										×				
		0,06						×										×				
mA	"–"	6000																				
		1200																				
		300																				
		60																				
		12										+										
		3									+											+
		0,6									+										+	
		0,12									+										+	
		0,06									+										+	
	"~"	6000																				
		1200																				
		300																				
		60																				
		12										+										
		3									+											+
		0,6									+										+	
		0,12									+										+	
		0,06									+										+	
Ω					×					×												
kΩ	×1														+					+		
	×10																					
	×100																					
	×1000															×						
Контр. пит.																						

Окончание рис. 61

	Элементы																										
	SB3 7										SB3 8										SB3 9						
	2-3, 11-12	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	13-14	14-15	16-17	17-18	2-3, 11-12	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	13-14	14-15	16-17	17-18	2-3, 11-12	4-5	5-6	8-9	13-14	14-15	17-18
	×				×																						
						×					×				×												
						×										×					×			×			
	×				×																						
						×					×				×												
						×										×					×			×			
										+																	
									+											+							
									+										+								+
										+																	
									+											+							
									+										+								+
			+					+																			
													+					+									
																									+	+	

Таблица 35. **Пределы измерений сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение, кОм	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	0,3	20	3,8...4,8	71	±1,5
кΩ×1	5	8,5	3,8...4,8	51	
кΩ×10	50	0,85	3,8...4,8	51	
кΩ×100	500	0,085	3,8...4,8	51	
кΩ×1000	5000	0,085	38...49	51	
dB	—20...+3 дБ	—	—	45	2,5

Таблица 36. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ф4313**

Позиционное обозначение	Наименование	Число	Примечание
	Резисторы		
R1	МЛТ-0,5-10 кОм ±10 %	1	
R2	МЛТ-0,5-680 Ом ±10 %	1	
R3	ММТ-13В-470 Ом ±20 %	1	Допускается ММТ-13б
R4*	До 700 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R5*	До 470 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R6*	СП3-9а-1-4,7 кОм ±20 %	1	
R7*	С2-14-0,25-1,52 кОм ±1 %	1	Допускается С2-13, С2-29
	МЛТ-0,5-(36...220) кОм ±15 %	1	Параллельно
R8*	С2-14-0,25-1,52 кОм ±1 %	1	Допускается С2-13, С2-29
	МЛТ-0,5-(1,5...18) кОм ±5 %	1	Параллельно
R10	МЛТ-0,5-820 Ом ±10 %	1	
R21	273±0,59 Ом, провод ПЭМС 1,0	1	
R26	С5-55-1,2 кОм ±0,1 %	1	
R27	0,05±0,00005 Ом, лента МнМц-3-12 0,5	1	Шунт
R28	0,2±0,00026 Ом, провод МнМц-3-12 0,8	1	»
R29	0,75±0,00075 Ом, провод ПЭМС 0,6	1	
R30	4±0,008 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R31	20±0,04 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R32	25±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R33	50±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R34	400±0,8 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R35	2±0,004 кОм, провод ПЭМС 0,08	1	
R36	С5-55-2,5 кОм ±0,2 %	1	Или 2,5±0,005 кОм провод ПЭМС 0,05
R37*	До 1,05 кОм, провод ПЭМС 0,008	1	
R38	МЛТ-1-1,5 МОм ±5 %	4	Последовательно 6±0,018 МОм
R39	МЛТ-1-1,5 МОм ±5 %	4	Последовательно 6±0,018 МОм

Позиционное обозначение	Наименование	Число	Примечание
			Последовательно
R40	МЛТ-0,5-1 МОм ±5 %	2	24±0,0072 МОм
	МЛТ-0,5-390 кОм ±5 %	1	Последовательно
R41	МЛТ-0,5-560 кОм ±5 %	1	598,8±1,8 кОм
	МЛТ-0,5-39 кОм ±5 %	1	Последовательно
R42	МЛТ-0,5-110 кОм ±5 %	1	118,8±0,36 кОм
	МЛТ-0,5-8,2 кОм ±5 %	1	
	МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %	1	Последовательно
R43	МЛТ-0,5-16 кОм ±5 %	1	22,8±0,07 кОм
	МЛТ-0,5-6,8 кОм ±5 %	1	Последовательно
R44	С2-14-4,7 кОм ±0,5 %	1	4,8±0,0288 кОм
	МЛТ-0,5-100 Ом ±5 %	1	
R45	548±1,96 Ом, провод ПЭМГ 0,08	1	Последовательно
R46	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	5,543±0,028 кОм
	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %	1	Последовательно
R47	МЛТ-0,5-36 кОм ±5 %	1	58,014±0,291 кОм
	МЛТ-0,5-22 кОм ±5 %	1	Последовательно
R48	МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	2	5999,364±2,997 кОм
	Конденсаторы		
С1	К50-6-11-16 В-50 мкФ	1	
С2	К50-6-11-6,3 В-500 мкФ	1	
С4	К50-6-11-6,3 В-200 мкФ	1	
	Транзисторы		
VT1, VT2	ГТ310Г	2	
	Микросхемы		
DA1	КМП201УП1Б	1	
DA2	КМП202УН1	1	
GB1	Элемент 332	3	
GB2	Элемент 332	2	
SB1—SB2	П2К	3	

* Подбирают при регулировке

Примечание Допускается применение других типов резисторов, основные параметры которых не хуже, чем у резисторов, указанных в таблице

Комбинированный прибор Ц4314

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Техническая характеристика, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 37—39 и на рис. 62—65.

Входное сопротивление прибора равно 83,3 кОм/В при измерении постоянного и 3,3 кОм/В — переменного напряжений. Температурные пределы работоспособности прибора 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,1 при натяжении 30±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 10 мкА. Сопротивление рамки 2200 Ом; она содержит 730... 750 витков провода ПЭВ-1 0,02. Прибор питается от встроенной батареи 3336 (3336Л).

При измерении относительного уровня передачи переменного напряжения на всех пределах, кроме 3 В, к показаниям прибора по шкале dB необходимо алгебраически прибавить числа, указанные в табл. 40.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R14 и R16, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 41).

Суммарное сопротивление измерительного механизма $R_и$ и резистора R16 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R16 = \{[2\,500 + 0{,}004(t - 20)R_и] \pm 25\},$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С.

На переменном токе прибор регулируют подгонкой сопротивления резистора R14.

Таблица 37 **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения мкА	Падение напряжения на зажимах В	Основная погрешность %
0,075, 0,75, 3, 7,5, 15, 30, 60, 150, 300, 600 В	Постоянный	12	—	±2,5
0,75, 3, 7,5, 15, 30, 60, 150, 300, 600 В	Переменный	300	—	±4
12, 60 мкА 0,3, 3, 15, 60, 300, 1500 мА	Постоянный	—	0,3	±2,5
0,3, 3, 15, 60, 300, 1500 мА	Переменный	—	1,2	±4

Таблица 38 **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область Гц	
	номинальная	расширенная
600, 300 В	45 200	45 500
150, 60 В	45 500	45 1000
30, 15 В	45 1000	45 5000
Остальные пределы напряжения и тока	45 2000	45 15 000

Таблица 39 **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измерительного сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления мА	Напряжение питания В	Длина рабочей части шкалы мм	Основная погрешность %
kΩ×1	1 кОм	40	3,7 4,8		
kΩ×10	10 кОм	4	3,7 4,8		
kΩ×100	100 кОм	0,4	3,7 4,8	62	±2,5
MΩ×1	1 МОм	0,004	3,7 4,8		
MΩ×10	10 МОм	0,002	11 13,8		
C_x	0,1 мкФ	0,5	(190 245)—(50±1) Гц	60	±4
dB	—10 +12	0,3	—	58	±4

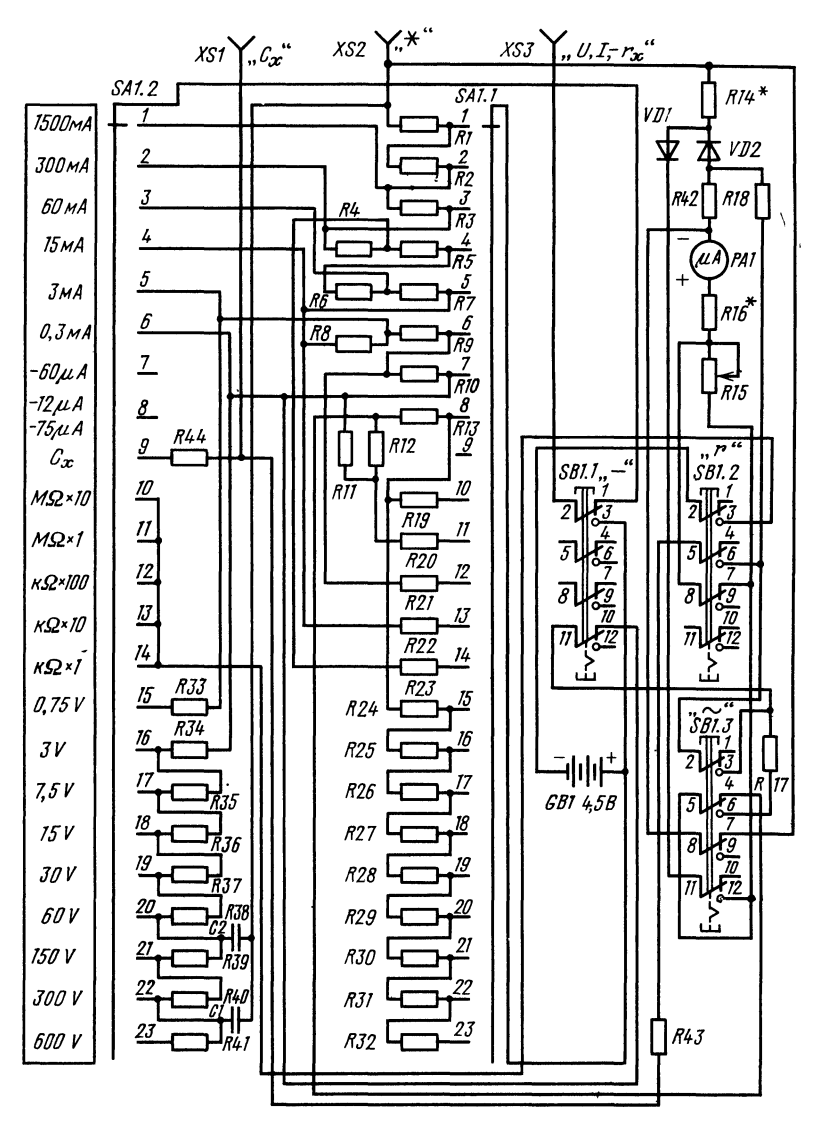


Рис. 62. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4314

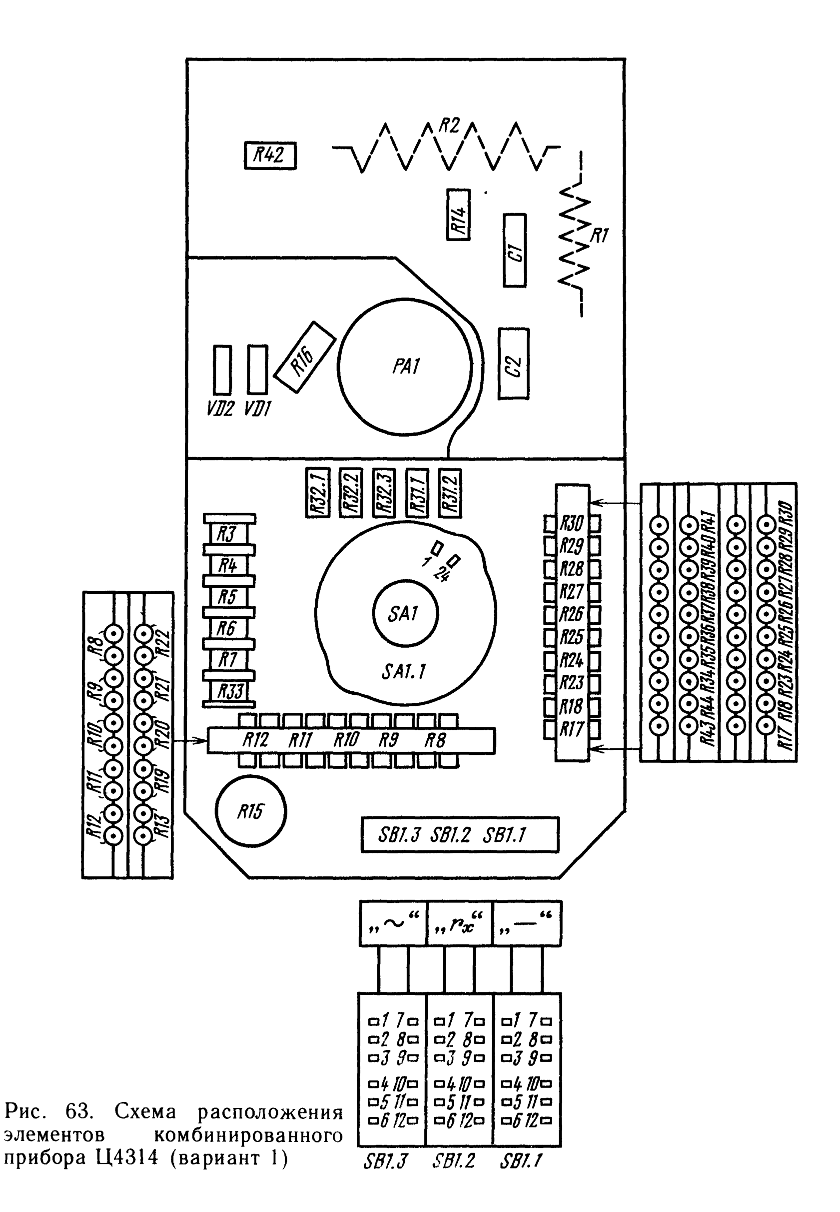


Рис. 63. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4314 (вариант 1)

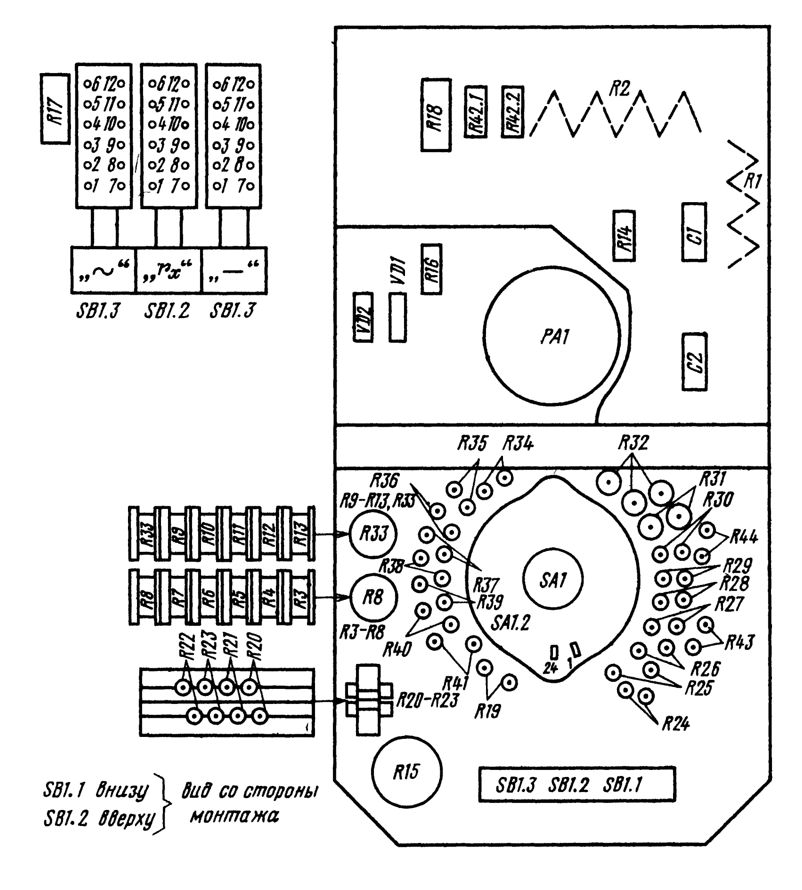


Рис. 64 Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4314 (вариант 2)

Пределы			Элементы																																																										
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R39	R40	R41	R42	R43	R44	GB1	VD1,VD2	C1,C2	SA1.1	SA1.2	SB1.1 1-2	SB1.1 2-3	SB1.1 10-11	SB1.2 2-3	SB1.2 5-6	SB1.2 7-8	SB1.3 2-3	SB1.3 4-5	SB1.3 5-6	SB1.3 7-8	SB1.3 11-12
V	„–“	600	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×	×	×	×	×	×	×	×	×																23			×				×		×		×	
		300	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×	×	×	×	×	×	×	×																	22			×				×		×		×	
		150	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×	×	×	×	×	×	×																		21			×				×		×		×	
		60	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×	×	×	×	×	×																			20			×				×		×		×	
		30	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×	×	×	×	×																				19			×				×		×		×	
		15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×	×	×	×																					18			×				×		×		×	
		7,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×	×	×																						17			×				×		×		×	
		3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×	×																							16			×				×		×		×	
		0,75	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×								×																								15			×				×		×		×	
	„~“	600	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																	×	×	×	×	×	×	×	×	×				×	o		23	×		×			×	×		×		×
		300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																	×	×	×	×	×	×	×		×				×	o		22	×		×			×	×		×		×
		150	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																	×	×	×	×	×	×	o		×				×	o		21	×		×			×	×		×		×
		60	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																	×	×	×	×	×	o	o		×				×	o		20	×		×			×	×		×		×
		30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																	×	×	×	×	o	o	o		×				×	o		19	×		×			×	×		×		×
		15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																	×	×	×	o	o	o	o		×				×	o		18	×		×			×	×		×		×
		7,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																	×	×	o	o	o	o	o		×				×	o		17	×		×			×	×		×		×
		3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																	×	o	o	o	o	o	o		×				×	o		16	×		×			×	×		×		×
		0,75	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×				×		×	×	×																×									×				×	o		15	×		×			×	×		×		×
mV	„–“	75	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×																																	8			×				×		×		×	
mA	„–“	1500	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				×																																	1			+				×		×		×	
		300	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				×																																	2			+				×		×		×	
		60	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×				×																																	3			+				×		×		×	
		15	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×				×																																	4			+				×		×		×	
		3	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×				×																																	5			+				×		×		×	
		0,3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×				×																																	6			+				×		×		×	
μA		60	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×				×																																	7			+				×		×		×	
		12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×			×																																	8			×				×		×		×	
mA	„~“	1500	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×				×		×	×	×																									×				×		1		+		×			×	×		×		×
		300	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×				×		×	×	×																									×				×		2		+		×			×	×		×		×
		60	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×				×		×	×	×																									×				×		3		+		×			×	×		×		×
		15	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×				×		×	×	×																									×				×		4		+		×			×	×		×		×
		3	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×				×		×	×	×																									×				×		5		+		×			×	×		×		×
		0,3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×		×	×	×																									×				×		6		+		×			×	×		×		×
μF	„Cx“	×1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				×	×	×	×	×																	o	o	o	o	o	o	o		×	×	+		×	o	9		+		+		×		×		×		×
MΩ		×10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×		×	×			×																											×			10	10	×			×				×		×	
		×1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×			×	×				+																										+			11	11	+			+				×		×	
kΩ		×100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×			×	×					+																									+			12	12	+			+				×		×	
		×10	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×			×	×						+																								+			13	13	+			+				×		×	
		×1	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×			×	×							+																							+			14	14	+			+				×		×	

Рис. 65. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4314

Таблица 40. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	0,75	3	7,5	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—12	0	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Таблица 41. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4314**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,1±0,0005 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	Шунт
R2	0,4±0,002 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	2+0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R4, R6	2,5±0,012 Ом, провод ПЭМС 0,4	2	
R5	5±0,025 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R7	37,5±0,19 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	200±1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R9	250±1,25 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R10	2±0,01 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R11	2,5±0,012 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R12	7,5±0,037 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R13	4,17±0,02 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R14	МЛТ-0,5-(1,6...2,4) кОм ±5 %	1	Подгоночный
R15	СП-3-9а-26-10 кОм ±10 %	1	
R16	МЛТ-0,5-(420...720) Ом ±5 %	1	Подгоночный
R17, R18	1,33±0,013 кОм, провод ПЭМС 0,05	2	
R19	МЛТ-0,5-560 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1,16±0,0116 МОм
R20	МЛТ-0,5-56 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 112±1,12 кОм
R21	МЛТ-0,5-5,6 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 11,11±0,11 кОм
R22	МЛТ-0,5-560 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1,11±0,011 кОм
R23	МЛТ-0,5-220 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 109±1 Ом
R24	МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-27 кОм ±5 %	1	56,2±0,288 кОм
R25	МЛТ-0,5-91 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 187,5±0,933 кОм
R26	МЛТ-0,5-180 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 375±1,8 кОм
R27	МЛТ-0,5-330 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	1	625±3,122 кОм
R28	МЛТ-0,5-620 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1,25±0,005 МОм
R29	МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление

Окончание табл. 41

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	МЛТ-0,5-1,3 МОм ±5 %	1	2,5±0,025 МОм
R30	МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 7,5±0,0375 МОм
	МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5 %	1	
R31	МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 12,5±0,0625 МОм
	МЛТ-1,0-9,1 МОм ±5 %	1	
R32	МЛТ-1,0-6,8 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 25±0,125 МОм
	МЛТ-1,0-9,1 МОм ±5 %	2	
R33	8,33±0,04 Ом, ПЭМС 0,3	1	
R34	МЛТ-0,5-3,9 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 8,33±0,04 кОм
	МЛТ-0,5-4,3 кОм ±5 %	1	
R35	МЛТ-0,5-7,5 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 15±0,075 кОм
R36	МЛТ-0,5-12 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 25±0,125 кОм
	МЛТ-0,5-13 кОм ±5 %	1	
R37	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 50±0,25 кОм
	МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %	1	
R38	МЛТ-0,5-51 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 100±5 кОм
R39	МЛТ-0,5-150 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 300±1,5 кОм
R40	МЛТ-0,5-200 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление
	МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	1	500±2,5 кОм
R41	МЛТ-0,5-510 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1±0,005 МОм
R42	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 6,8±0,034 кОм
	МЛТ-0,5-3,6 кОм ±5 %	1	
R43	МЛТ-0,5-130 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 280±2,8 кОм
	МЛТ-0,5-150 кОм ±5 %	1	
R44	МЛТ-0,5-150 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 300±3 кОм
	Диоды		
VD1, VD2	Д2Д	2	Допускается замена на Д9М
	Конденсаторы		
C1	КТ-2б-М47-3-16 пФ	1	
C2	КТ-2б-М700-3-62 пФ	1	

Комбинированный прибор Ц4315

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 42—45 и на рис. 66—70.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного и 2 кОм/В переменного напряжений. Прибор выпускается в модификациях: Ц4315 — для работы при температуре окружающего воздуха —10...+40 °С и относительной влажности до 80 % и Ц4315Т — для работы в помещениях в условиях как сухого, так и влажного тропического климата при температуре окружающего воздуха —5...+45 °С и относительной влажности до 95 %.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,25 при натяжении 40±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 42,5 мкА, сопротивление рамки не более 635 Ом; она содержит 370...460 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Для питания прибора Ц4315 использована батарея 3336, для Ц4315Т — 3336Т.

При изменении уровня передачи переменного напряжения на других пределах, кроме 1 В, к показаниям прибора по шкале «dB» необходимо прибавлять поправочные числа, указанные в табл. 46.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R27 и R29, должно соответствовать указанному в перечне элементов к электрической принципиальной схеме прибора (табл. 47).

Сопротивление резистора R29 изменяют при регулировке прибора на постоянном токе, причем суммарное сопротивление измерительного механизма $R_и$ и резистора R29 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R29 = \{[706 + 0{,}004(t - t_н)R_и] \pm 3\},$$

Таблица 42. **Конечные значения шкал постоянного напряжения, ток и падение напряжения на зажимах прибора**

Напряжение, В	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
1000	2,5 А	0,3
500	0,5 А	0,24
250	0,1 А	0,21
100	25 мА	0,21
25	5 мА	0,2
10	1 мА	0,19
5	0,5 мА	0,19
2,5	100 мкА	0,13
1	50 мкА	0,075
0,075		

Примечания 1 Основная погрешность ±2,5 % 2 Ток полного отклонения 50 мкА

Таблица 43. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
1000	0,5	45...60	45...200
500	0,5	45...60	45...200
250	0,5	45...200	45...1000
100	0,5	45...200	45...1000
25	0,5	45...2000	45...10 000
10	0,5	45...5000	45...20 000
5	0,5	45...5000	45...20 000
2,5	1	45...5000	45...20 000
1	2,5	45...4000	45...10 000

Примечание Основная погрешность ±4 %

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С; $t_н$ — температура, соответствующая нормальным условиям, °С.

Резистором R27 подгоняют показания прибора на переменном токе.

Таблица 44. **Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Ток	2,5 А	0,5 А	0,1 А	25 мА	5 мА	1 мА	0,5 мА
Падение напряжения, В	1,2	1,1	1,1	1,1	1	0,9	0,8

Примечание 1 Основная погрешность ±4 % 2 Номинальная частотная область 45 4000 Гц 3 Расширенная частотная область 45 10 000 Гц

Таблица 45. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Потребляемый ток, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	300 Ом	9,5	3,7...4,7	59	
kΩ×1	5 кОм	9,5	3,7...4,7	79	
kΩ×10	50 кОм	0,95	3,7...4,7	79	±2,5
kΩ×100	500 кОм	0,095	3,7...4,7	79	
kΩ×1000	5000 кОм	0,095	33...43	79	
pF×100	30000 пФ	0,29	190...245 50 Гц	59	
μF×0,1	0,5 мкФ	0,29	190...245 50 Гц	79	±4
dB	—15...2	0,5	—	54	±4

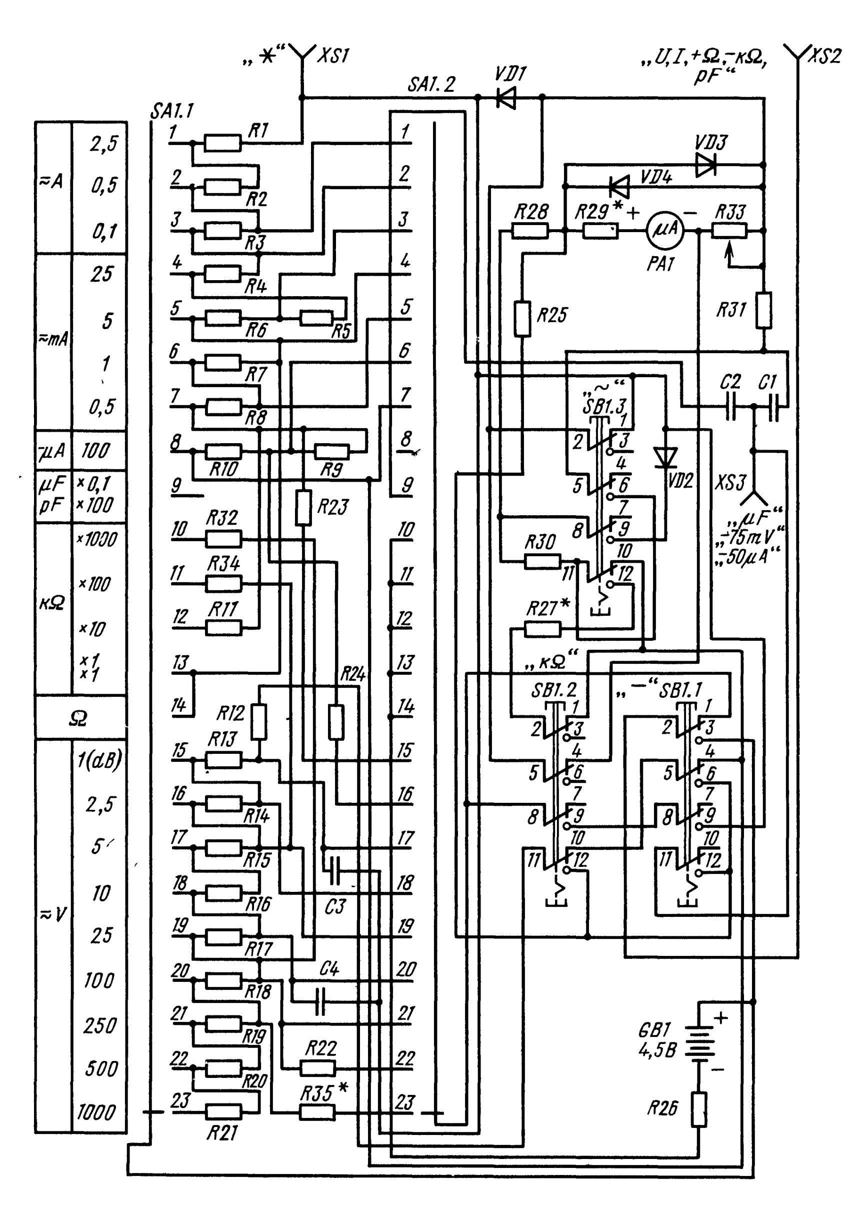


Рис. 66. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4315 (вариант 1)

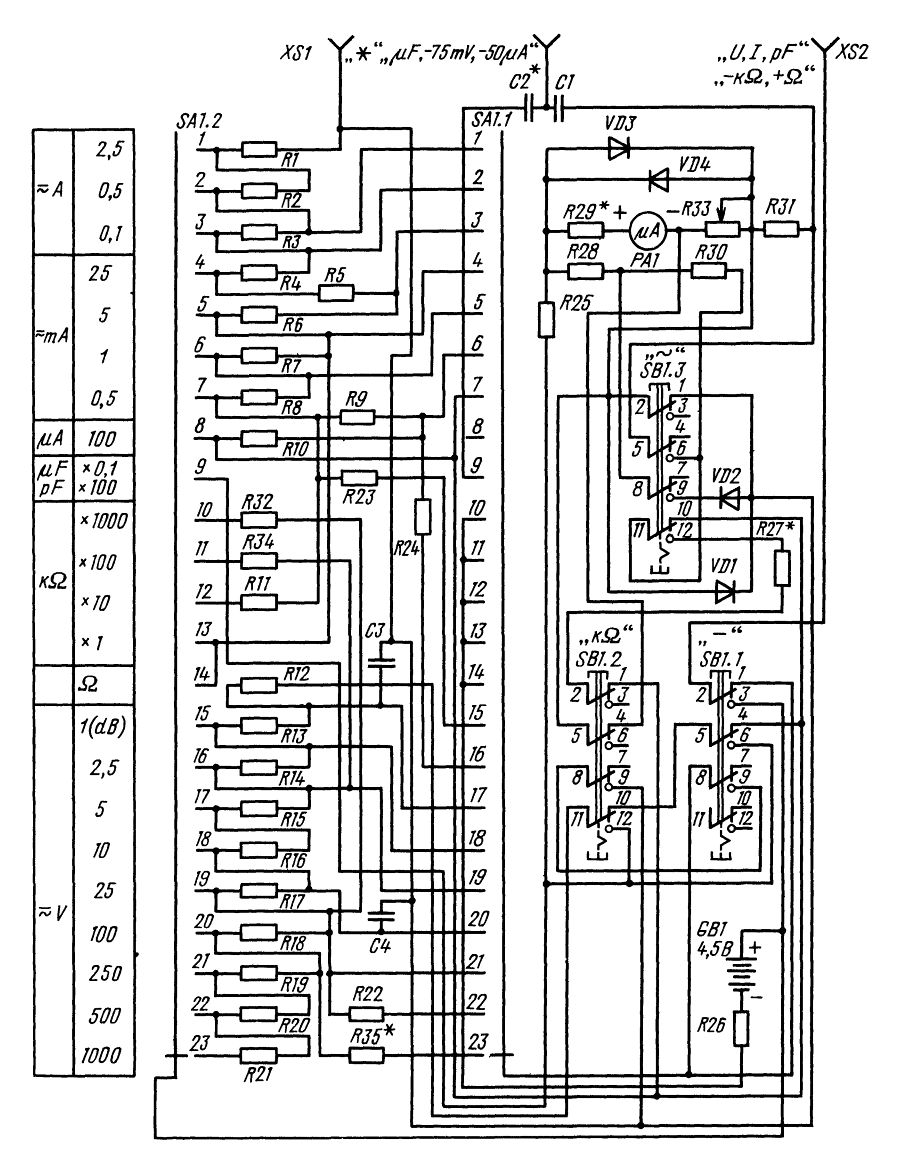


Рис 67 Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4315 (вариант 2)

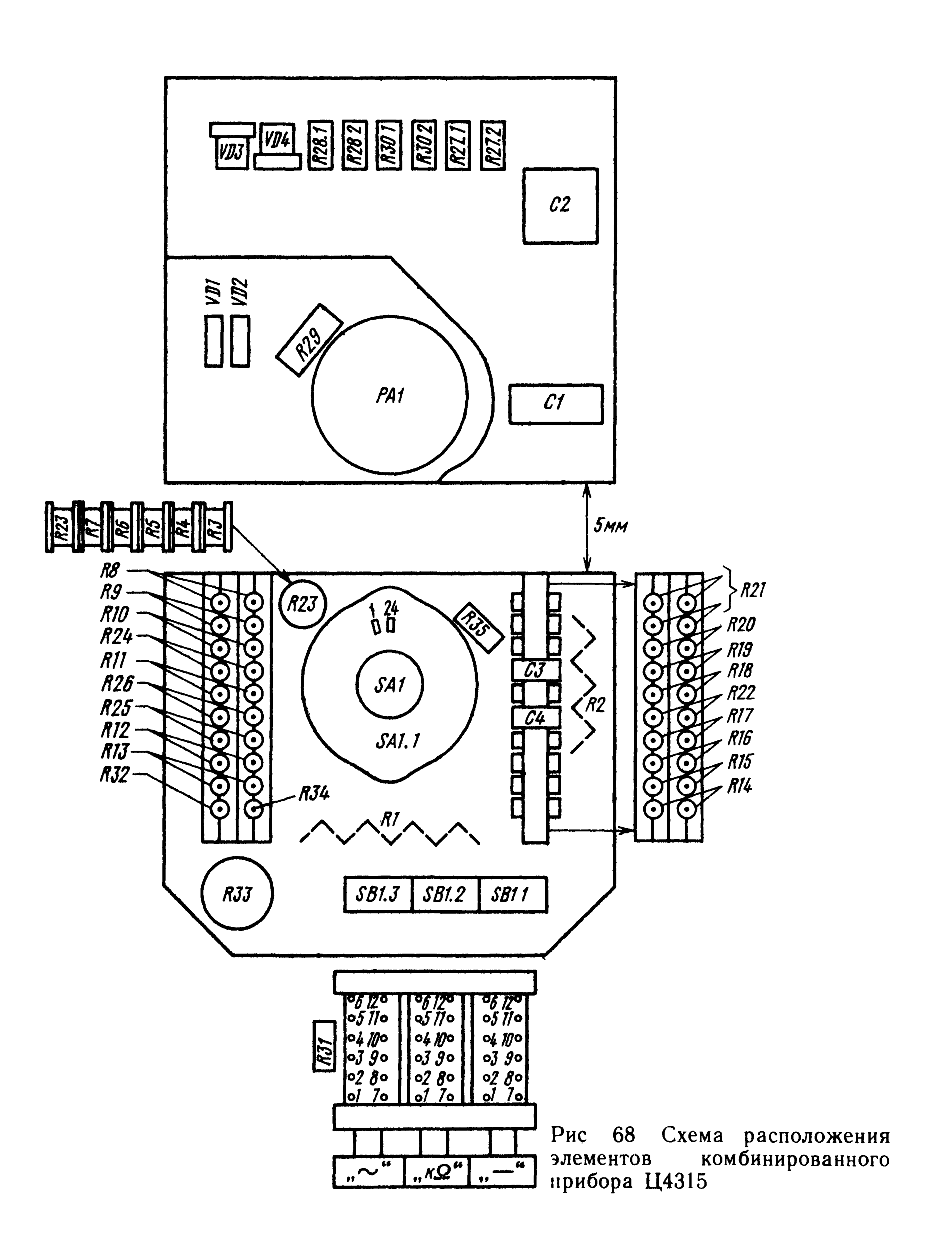


Рис 68 Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4315

Пределы			Элементы																																		
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27*	R28	R29*	R30	R31	R32	R33	R34	R35*
V	„–“	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X			o	X	o					
		500	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X	X	X	X					X			o	X	o					
		250	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X	X	X						X			o	X	o					
		100	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X	X							X			o	X	o					
		25	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X								X			o	X	o					
		10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X									X			o	X	o					
		5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X										X			o	X	o					
		2,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X											X			o	X	o					
		1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X												X			o	X	o					
	„~“	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X	X									X	X	X	X	X				X
		500	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X					X					X	X	X	X	X				
		250	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X										X	X	X	X	X				
		100	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X											X	X	X	X	X				
		25	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	o	o											X	X	X	X	X				
		10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	o	o	o											X	X	X	X	X				
		5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	o	o	o	o											X	X	X	X	X				
		2,5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	X														X			X	X	X	X	X				
		1(dB)	o	o	o	o	o	o	o	o	X	X													X				X	X	X	X	X				
„–“	A	2,5	+	X	X	X	X	X	X	X	X	X																		X	X	X					
		0,5	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X																		X	X	X					
		0,1	+	+	+	X	X	X	X	X	X	X																		X	X	X					
	mA	25	+	+	+	+	X	X	X	X	X	X																		X	X	X					
		5	+	+	+	+	+	+	X	X	X	X																		X	X	X					
		1	+	+	+	+	+	+	+	X	X	X																		X	X	X					
		0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	X	X																		X	X	X					
	μA	100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																		X	X	X					
		50	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o															X			o	X	o					
„~“	A	2,5	+	+	X	X	X	X	X	X	X	X																	X	X	X	X	X				
		0,5	+	+	+	X	X	X	X	X	X	X																	X	X	X	X	X				
		0,1	+	+	+	+	+	X	X	X	X	X																	X	X	X	X	X				
	mA	25	+	+	+	+	+	+	X	X	X	X																	X	X	X	X	X				
		5	+	+	+	+	+	+	+	X	X	X																	X	X	X	X	X				
		1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X																	X	X	X	X	X				
		0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																	X	X	X	X	X				
„rx“	kΩ	×1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X	X	X	X								X	X		o	X	o		X	X		
		×100	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		X	X	X											X	X		o	X	o			X	X	
		×10	+	+	+	+	+	+	+	+	X	X	+															+		X	X	X			X		
		×1	+	+	+	+	+	+	X	X	X	X																+		X	X	X			X		
		Ω	+	+	+	+	+	+	X	X	X	X																+		X	X	X			X		
„Cx“	μF	×0,1																												X	X	X	X		X		
	pF	×100																												X	X	X	X		X		

Пределы			SA1.1	SA1.2	„–“ SB1.1						„kΩ“ SB1.2					„~“ SB1.3					VD1, VD2	GB1	C1	C2	C3	C4
					1–2	2–3	4–5	5–6	8–9	11–12	1–2	4–5	8–9	10–11	11–12	1–2	5–6	8–9	10–11	11–12						
V	„–“	1000	23			X		X				X		X		X			o							
		500	22			X		X				X		X		X			o							
		250	21			X		X				X		X		X			o							
		100	20			X		X				X		X		X			o							
		25	19			X		X				X		X		X			o							
		10	18			X		X				X		X		X			o							
		5	17			X		X				X		X		X			o							
		2,5	16			X		X				X		X		X			o							
		1	15			X		X				X		X		X			o							
	„~“	1000		23	X		X				X	X		X			X	X		X	X				o	
		500		22	X		X				X	X		X			X	X		X	X				o	
		250		21	X		X				X	X		X			X	X		X	X				o	
		100		20	X		X				X	X		X			X	X		X	X				o	o
		25		19	X		X				X	X		X			X	X		X	X				o	o
		10		18	X		X				X	X		X			X	X		X	X				o	o
		5		17	X		X				X	X		X			X	X		X	X				o	o
		2,5		16	X						X	X					X	X		X	X					
		1(dB)		15	X						X	X					X	X		X	X					
„–“	A	2,5	1			+						X				X			X							
		0,5	2			+						X				X			X							
		0,1	3			+						X				X			X							
	mA	25	4			+						X				X			X							
		5	5			+						X				X			X							
		1	6			+						X				X			X							
		0,5	7			+						X				X			X							
	μA	100	8			+						X				X			X							
		50	9							X		X				X			o							
„~“	A	2,5		1	+						X	X					X	X		X	X					
		0,5		2	+						X	X					X	X		X	X					
		0,1		3	+						X	X					X	X		X	X					
	mA	25		4	+						X	X					X	X		X	X					
		5		5	+						X	X					X	X		X	X					
		1		6	+						X	X					X	X		X	X					
		0,5		7	+						X	X					X	X		X	X					
„rx“	kΩ	×1000	10	10	X										X	X				o		X				
		×100	11	11	X										X	X				o		X				
		×10	12	12	+											X			X			+				
		×1	13	13	+											X			X			+				
		Ω	14	14		X			+				+			X			X			+				
„Cx“	μF	×0,1		9	X												X	X		X	X		X	X		
	pF	×100		9	X												X	X		X	X		X	X		

Рис 69 Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4315 (вариант 1)

Пределы			1	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18
V	"—"	1000	2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×
		500	3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×
		250	4	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×
		100	5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×
		25	6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	
		10	7	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×		
		5	8	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×			
		2,5	9	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×				
		1	10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×					
	"~"	1000	11	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	×
		500	12	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	
		250	13	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	
		100	14	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×		
		25	15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	o	o		
		10	16	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	⊙	o	o		
		5	17	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	●	●	●	⊙		
		2,5	18	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×								
		1(dB)	19	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×								
"I"	A	2,5	20	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×								
		0,5	21	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×								
		0,1	22	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×								
	mA	25	23	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×								
		5	24	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×								
		1	25	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×								
		0,5	26	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×								
	µA	100	27	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
"~"	A	2,5	28	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×								
		0,5	29	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×								
		0,1	30	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×								
	mA	25	31	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×								
		5	32	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×								
		1	33	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×								
		0,5	34	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
"rx"	kΩ	×1000	35	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×	×	
		×100	36	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×				
		×10	37	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	+							
		×1	38	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×								
	Ω		39	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×								
"Cx"	µF	×0,1	40																		
	pF	×100	41																		

Пределы			1	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27*	R28	R29*	R30	R31	R32	R33	R34	R35*
V	"—"	1000	2	×	×	×				×			o	×	o					
		500	3	×	×					×			o	×	o					
		250	4	×						×			o	×	o					
		100	5							×			o	×	o					
		25	6							×			o	×	o					
		10	7							×			o	×	o					
		5	8							×			o	×	o					
		2,5	9							×			o	×	o					
		1	10							×			o	×	o					
	"~"	1000	11									×	×	×	×	×				×
		500	12				×					×	×	×	×	×				
		250	13									×	×	×	×	×				
		100	14									×	×	×	×	×				
		25	15									×	×	×	×	×				
		10	16									×	×	×	×	×				
		5	17									×	×	×	×	×				
		2,5	18						×			×	×	×	×	×				
		1(dB)	19					×				×	×	×	×	×				
"I"	A	2,5	20										×	×	×					
		0,5	21										×	×	×					
		0,1	22										×	×	×					
	mA	25	23										×	×	×					
		5	24										×	×	×					
		1	25										×	×	×					
		0,5	26										×	×	×					
	µA	100	27										×	×	×					
"~"	A	2,5	28									×	×	×	×	×				
		0,5	29									×	×	×	×	×				
		0,1	30									×	×	×	×	×				
	mA	25	31									×	×	×	×	×				
		5	32									×	×	×	×	×				
		1	33									×	×	×	×	×				
		0,5	34									×	×	×	×	×				
"rx"	kΩ	×1000	35							×	×		o	×	o		+	×		
		×100	36							×	×		o	×	o			×	+	
		×10	37								×		×	×	×			×		
		×1	38								×		×	×	×			×		
	Ω		39								×		×	×	×			×		
"Cx"	µF	×0,1	40										×	×	×	×		×		
	pF	×100	41										×	×	×	×		×		

Пределы			1	VD1, VD2	GB1	C1	C2	C3	C4	SA1.1, SA1.2	SB1.1 1-2	SB1.1 2-3	SB1.1 4-5	SB1.1 5-6	SB1.1 8-9	SB1.2 1-2	SB1.2 4-5	SB1.2 8-9	SB1.2 10-11	SB1.2 11-12	SB1.3 1-2	SB1.3 5-6	SB1.3 8-9	SB1.3 10-11	SB1.3 11-12
V	"—"	1000	2							23		×		×			×		×		×			o	
		500	3							22		×		×			×		×		×			o	
		250	4							21		×		×			×		×		×			o	
		100	5							20		×		×			×		×		×			o	
		25	6							19		×		×			×		×		×			o	
		10	7							18		×		×			×		×		×			o	
		5	8							17		×		×			×		×		×			o	
		2,5	9							16		×		×			×		×		×			o	
		1	10							15		×		×			×		×		×			o	
	"~"	1000	11	×				⊙		23	×		×			×	×		×			×	×		×
		500	12	×				⊙		22	×		×			×	×		×			×	×		×
		250	13	×				⊙		21	×		×			×	×		×			×	×		×
		100	14	×				⊙		20	×		×			×	×		×			×	×		×
		25	15	×				⊙	⊙	19	×		×			×	×		×			×	×		×
		10	16	×				⊙	⊙	18	×		×			×	×		×			×	×		×
		5	17	×				⊙	●	17	×		×			×	×		×			×	×		×
		2,5	18	×						16	×						×					×	×		×
		1(dB)	19	×						15	×						×					×	×		×
"I"	A	2,5	20							1		×					×				×				×
		0,5	21							2		×					×				×				×
		0,1	22							3		×					×				×				×
	mA	25	23							4		×					×				×				×
		5	24							5		×					×				×				×
		1	25							6		×					×				×				×
		0,5	26							7		×					×				×				×
	µA	100	27							8		×					×				×				×
"~"	A	2,5	28	×						1	×					×	×					×	×		×
		0,5	29	×						2	×					×	×					×	×		×
		0,1	30	×						3	×					×	×					×	×		×
	mA	25	31	×						4	×					×	×					×	×		×
		5	32	×						5	×					×	×					×	×		×
		1	33	×						6	×					×	×					×	×		×
		0,5	34	×						7	×					×	×					×	×		×
"rx"	kΩ	×1000	35		×					10 10	×									×	×			o	
		×100	36		×					11 11	×									×	×			o	
		×10	37		+					12 12	+										×			×	
		×1	38		+					13 13	+										×			×	
	Ω		39		+					14 14		×			+			+			×			×	
"Cx"	µF	×0,1	40	×		×	×			9 9	×											×	×		
	pF	×100	41	×		×	×			9 9	×											×	×		

Рис. 70. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4315 (вариант 2)

Таблица 46. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	1	2,5	5	10	25	100	250	500	1000
Поправочное число, дБ	0	+8	+14	+20	+28	+40	+48	+54	+60

Таблица 47. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4315**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,08±0,0002 Ом провод МнМц-3-12 1	1	Шунт
R2	0,32±0,001 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	1,6±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R4	6±0,018 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R5	2±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R6	30±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R7	150±0,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R8	МЛТ-0,5-100 Ом ±10 %	2	Суммарное сопротивление 200±1 Ом
R9	МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 600±3 Ом
R10	МЛТ-0,5-430 Ом ±5 % МЛТ-0,5-560 Ом ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 1000±5 Ом
R11 R11	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 % МЛТ-0,5-2 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 4440±22 Ом
R12	МЛТ-0,5-4,3 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 8570±42 Ом
R13	МЛТ-0,5-4,3 кОм ±5 % МЛТ-0,5-5,6 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 9970±50 Ом
R14	МЛТ-0,5-15 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 30±0,15 кОм
R15	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 % МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 50±0,25 кОм
R16	МЛТ-0,5-43 кОм ±5 % МЛТ-0,5-56 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 100±0,5 кОм
R17	МЛТ-0,5-150 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 300±1,5 кОм
R18	МЛТ-0,5-750 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1500±7,5 кОм
R19	МЛТ-0,5-1,5 МОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 3000±15 кОм
R20	МЛТ-0,5-2 МОм ±5 % МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 5±0,025 МОм
R21	МЛТ-0,5-2 МОм ±5 % МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %	2 2	Суммарное сопротивление 10±0,05 МОм
R22	МЛТ-0,5-200 кОм ±5 % МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 500±2,5 кОм

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R23	24±0,1 Ом, ПЭМС 0,2	1	Допускается замена на МЛТ-0,5-24 Ом ±5 %
R24	МЛТ-0,5-820 Ом ±10 %	2	Суммарное сопротивление 1650±8 Ом
R25	МЛТ-0,5-430 Ом ±5 % МЛТ-0,5-470 Ом ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 900±5 Ом
R26	МЛТ-0,5-270 Ом ±5 % МЛТ-0,5-220 Ом ±10 %	1 1	Суммарное сопротивление 490±2 Ом
R27*	МЛТ-0,5-(1...3) кОм ±5 %	1	
R28	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 760±3,5 Ом
R29	До 260 Ом ПЭМС-0,1	1	
R30	МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1240±4 Ом
R31	МЛТ-0,5-1,2 кОм ±5 %	1	
R32	МЛТ-0,5-30 кОм ±10 %	1	
R33	СП3-9а-6,8 кОм ±20 %	1	
R34	МЛТ-0,5-1,2 кОм ±10 %	1	
R35	МЛТ-0,5-(22...33) кОм ±5 %	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9А
VD3, VD4	Д103М	2	Допускается замена на Д104, Д108
	Конденсаторы		
C1	КБГ-И-200-0,05 ±5 %	1	
C2	КСО-6-500-Б-3900 ±5 %	1	
C3	КСО-1-250-330 ±5 %	1	
C4	КСО-1-250-100 ±5 %	1	

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4323 (Ц4323Т)

Прибор со встроенным генератором предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и определения работоспособности трактов усиления радиотехнических устройств.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 48—50 и на рис. 71—73.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжений 20 кОм/В. Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С), для тропического исполнения (Ц4323Т) рабочая температура —5...+45 °С, относительная влажность 95 % (при температуре 35 °С).

Таблица 48. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5; 0,5 В	Постоянный	50	—
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5 В	Переменный	50	—
500; 50; 0,5; 0,05 мА	Постоянный	—	1,2
0,05 мА	Переменный	—	2,6

Примечание Основная погрешность встроенного ампервольтметра определяется при нормальных условиях и не превышает ±5 % значения предела измерения

Таблица 49. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000; 500; 250 В	45...400	45...1000
50 В	45...2000	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...20 000	45...30 000

Таблица 50. **Пределы измерения сопротивлений. Режим генератора**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×10	0,5 кОм	75	2,7...3,8		
Ω×100	5 кОм	7,5	2,7...3,8		
kΩ×1	50 кОм	0,75	2,7...3,8	65	±5
kΩ×10	500 кОм	0,075	2,7...3,8		
НЧ	1 кГц	100	$U_{вых}$=0,5 В	—	±20
ПЧ	465 кГц	100	$U_{вых}$=0,5 В	—	±10

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 50 мкА, сопротивление рамки 1600±200 Ом.

Коэффициент модуляции напряжения на выходе «Пч» (промежуточная частота) прибора частотой 465 кГц не менее 20...90 %.

Изменением сопротивления резистора R1 прибор регулируют на постоянном токе, а резистора R3 — на переменном. Сопротивление остальных резисторов должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме (табл. 51).

Рис 71 Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4323 (Конденсатор С1 может отсутствовать)

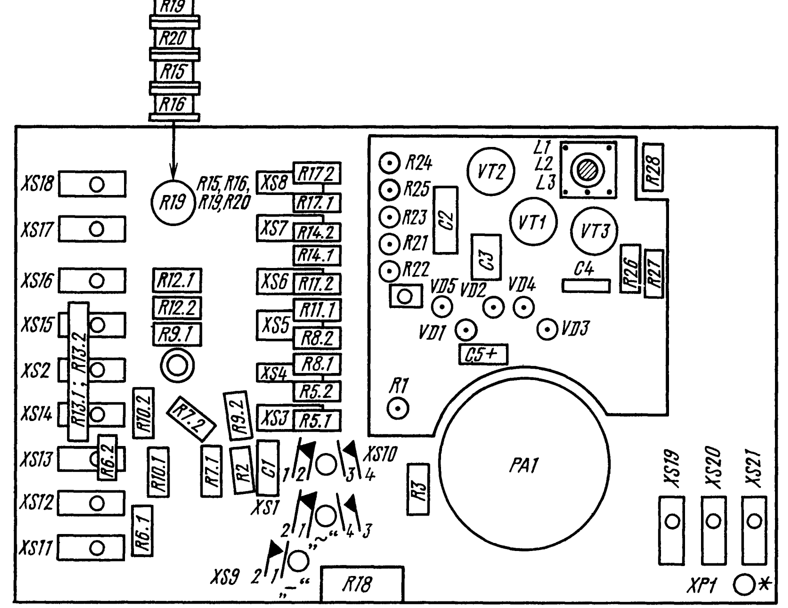


Рис 72 Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4323 (Конденсатор С1 может отсутствовать)

Пределы			Элементы																										
			R1	R2	R3	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	VD1–VD2	GB1	XS1 1–2	XS1 3–4	XS9 1–2	XS10 1–2	XS10 3–4	C1
Напряжение, V	„—“	1000	×			×	×	×	×	○		×	○		×	○		×		○	○			×		×	×		
		500	×			×	×	×	×	○		×	○		×	○				○	○			×		×	×		
		250	×			×	×	×	×	○		×	○			○				○	○			×		×	×		
		50	×			×	×	×	×	○			○			○				○	○			×		×	×		
		10	×			×	×	×		○			○			○				○	○			×		×	×		
		2,5	×				×	×		○			○			○				○	○			×		×	×		
		0,5	×					×		○			○			○				○	○			×		×	×		
	„~“	1000	×	○	×	×			×	○		×	○		×	○		×		○	○	×			×		○		○
		500	×	○	×	×			×	○		×	○		×	○				○	○	×			×		○		○
		250	×	○	×	×			×	○		×	○			○				○	○	×			×		○		⊙
		50	×	○	×	×			×	○			○			○				○	○	×			×		○		○
		10	×	○	×	×				○			○			○				○	○	×			×		○		⊙
		2,5	×	○	×	○				○			○			○				○	○	×			×		○		⊙
Ток, mA	„—“	500	×							×			×			×				×	+			×			×		
		50	×							×			×			×				+	+			×			×		
		5	×							×			×			+				+	+			×			×		
		0,5	×							×			+			+				+	+			×			×		
		0,05	×					×		○			○			○				○	○			×			×		
	„~“	0,05	×	○	×	⊙				○			○			○				○	○	×			×		○		⊙
kΩ		×10	×				+	+		+			+			+			×	+	+			×				+	
		×1	×							×	+		+			+			×	+	+			×				+	
Ω		×100	×							×			×	+		+			×	+	+		+	×				+	
		×10	×							×			×			×	+		×	+	+		+	×				+	

Рис. 73. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор C1 может отсутствовать)

Таблица 51. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4323**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1*	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %	1	
R2	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	
R3*	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	
R5	МЛТ-0,5-75 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 150±1,5 кОм
R6	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 40±0,4 кОм
R7	МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 6±0,06 кОм
R8	МЛТ-0,5-560 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 800±8 кОм
	МЛТ-0,5-240 кОм ±5 %	1	
R9	МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 18±0,18 кОм
	МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %		

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R10	МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 3,39±0,034 кОм
	МЛТ-0,5-390 Ом ±5 %	1	
R11	МЛТ-0,5-2 МОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 4±0,04 МОм
R12	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 1,8±0,018 кОм
	МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	1	
R13	МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 324±3,2 Ом
	МЛТ-0,5-24 Ом ±5 %	1	
R14	МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 5±0,05 МОм
	МЛТ-0,5-2 МОм ±5 %	1	
R15	180±1,8 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R16	30±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R17	МЛТ-0,5-8,2 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 10±0,1 МОм
	МЛТ-0,5-1,8 МОм ±5 %	1	
R18	СП3-3гМ-15-22 кОм ±20 %	1	
R19	18±0,18 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R20	2±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R21*	МЛТ-0,5-10 кОм ±10 %	1	
R22*	МЛТ-0,5-10 кОм ±10 %	1	
R23	МЛТ-0,5-10 кОм ±10 %	1	
R24	МЛТ-0,5-2 кОм ±10 %	1	
R25	МЛТ-0,5-33 Ом ±10 %	1	
R26*	МЛТ-0,5-20 кОм ±10 %	1	
R27	МЛТ-0,5-22 кОм ±10 %	1	
R28	80±3 Ом, ПЭМС 0,1	1	
	Конденсаторы		
C1	КД-10 пФ	1	Применяется при необходимости
C2	К50-9-2,0 мкФ ±10 %	1	
C3	К74-0,15 мкФ ±10 %	1	
C4	КС0-1-270 пФ ±10 %	1	
C5	К50-9-10,0 мкФ ±10 %	1	
	Индуктивности		
L1	50 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	
L2	140 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	
L3	35 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	
	Диоды		
VD1—VD5	КД521Г	5	
	Транзисторы		
VT1, VT2	П41	2	Замена на МП15
VT3	П403	1	Замена на П401, П402 П416

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4324

Прибор Ц4324 предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току и относительного уровня напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 52—54 и на рис. 74—76.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Рабочая температура —10...+40 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С), для тропического варианта (Ц4324Т) —5...+45 °С, относительная влажность до 95 % (при температуре 35 °С).

Таблица 52. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
1200; 600; 120; 60; 30; 12; 3; 1,2; 0,6 В	Постоянный	50	—	±2,5
900; 600; 300; 150; 60; 15; 6; 3 В	Переменный	250	—	±4
3000; 600; 60; 6; 0,6 мА; 60 мкА	Постоянный	—	0,4	±2,5
3000; 300; 30; 3; 0,3 мА	Переменный	—	1,0	±4

Таблица 53. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900; 600; 300 В	45...60	45...100
150 В	45...100	45...500
60 В	45...1000	45...2000
15 В	45...5000	45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...10 000	45...20 000

Таблица 54. **Пределы измерения сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×10	0,2 кОм	7	3,2...4	48	
кΩ×1	5 кОм	7	3,2...4	52	
кΩ×10	50 кОм	0,7	3,2...4	52	±2,5
кΩ×100	500 кОм	0,07	3,2...4	52	
кΩ×1000	5000 кОм	0,07	32...40	52	
dB	—10...±12	0,25	—	45	±4

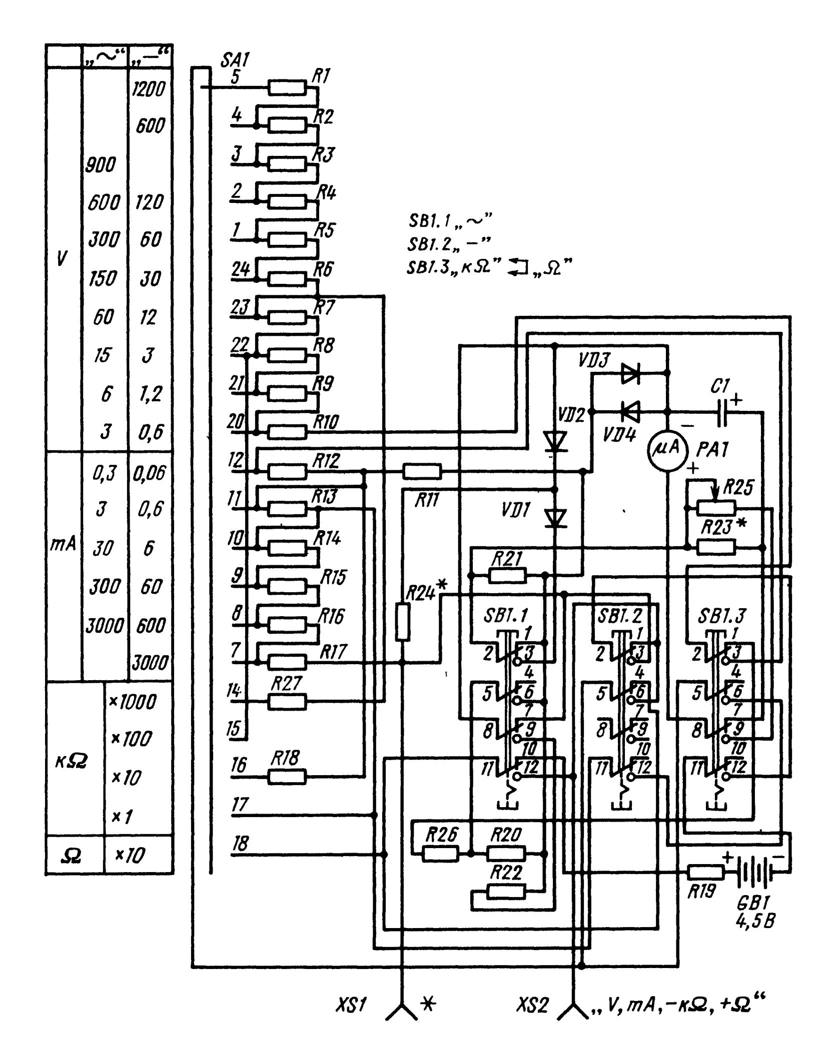
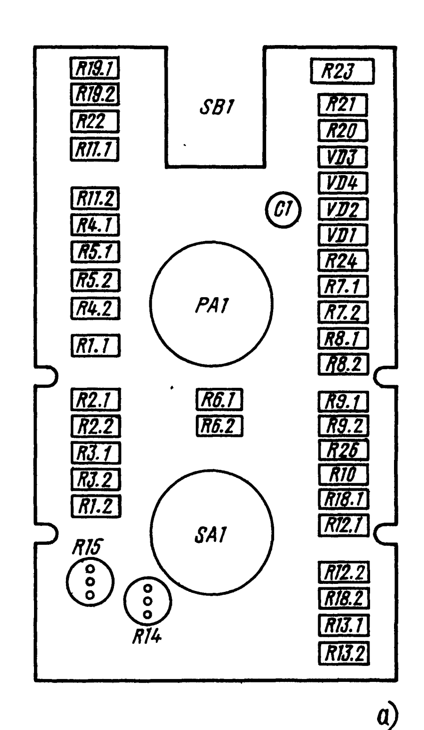
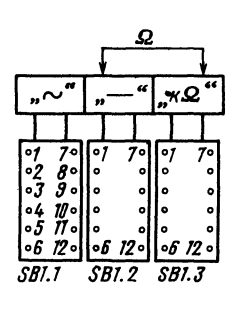


Рис. 74. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4324





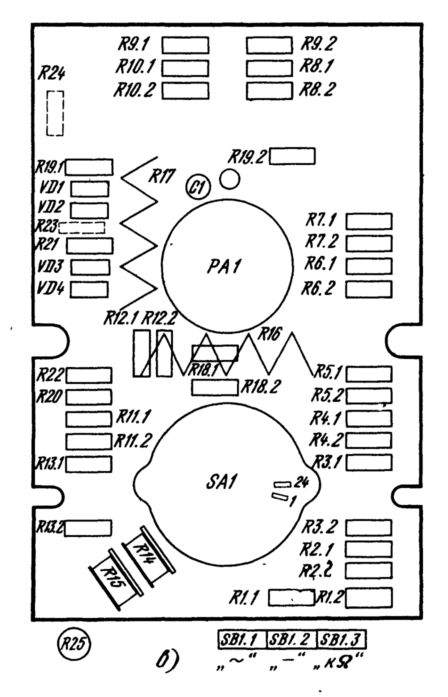


Рис. 75. Схемы расположения элементов комбинированного прибора Ц4324 (резистор R27 подпаян непосредственно к переключателю пределов измерений) (а), прибора Ц4324 выпусков 1976 г. (б) и 1985 г. (в)

Пределы			Элементы																																														
																																	SB1.1 „~“							SB1.2 „–“					SB1.3 „kΩ“					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	VD1-VD2	GB-1	SA1	1-2	2-3	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	11-12	1-2	2-3	5-6	7-8	8-9	11-12
V	„–“	1200	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				5	×			×							×		×			×		
		600		×	×	×	×	×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				4	×			×							×		×			×		
		120				×	×	×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				2	×			×							×		×			×		
		60					×	×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				1	×			×							×		×			×		
		30						×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				24	×			×							×		×			×		
		12							×	×	×	×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				23	×			×							×		×			×		
		3								×	×	×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				22	×			×							×		×			×		
		1,2									×	×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				21	×			×							×		×			×		
		0,6										×	o		o	o	o	o	o			×			×			×				20	×			×							×		×			×		
	„~“	900			×	×	×	×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o				×	×	×	×		×		×		3		×	×		×		×			×			×			×		
		600				×	×	×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o				×	×	×	×		×		×		2		×	×		×		×			×			×			×		
		300					×	×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o				×	×	×	×		×		×		1		×	×		×		×			×			×			×		
		150						×	×	×	×	×	o		o	o	o	o	o				×	×	×	×		×		×		24		×	×		×		×			×			×			×		
		60							×	×	×	×	o		o	o	o	o	o				×	×	×	×		×		×		23		×	×		×		×			×			×			×		
		15								×	×	×	o		o	o	o	o	o				×	×	×	×		×		×		22		×	×		×		×			×			×			×		
		6									×	×	o		o	o	o	o	o				×	×	×	×		×		×		21		×	×		×		×			×			×			×		
		3										×	o		o	o	o	o	o				×	×	×	×		×		×		20		×	×		×		×			×			×			×		
mA	„–“	0,06											×	+	+	+	+	+	+						×							12	×			×							+					×		
		0,6											×		+	+	+	+	+						×							11	×			×							+					×		
		6											×		×	+	+	+	+						×							10	×			×							+					×		
		60											×		×	×	+	+	+						×							9	×			×							+					×		
		600											×		×	×	×	+	+						×							8	×			×							+					×		
		3000											×		×	×	×	×	+						×							7	×			×							+					×		
	„~“	0,3											×	+	+	+	+	+	+				×	×	×	×				×		12		×	×		×		×			+						×		
		3											×		+	+	+	+	+				×	×	×	×				×		11		×	×		×		×			+						×		
		30											×		×	+	+	+	+				×	×	×	×				×		10		×	×		×		×			+						×		
		300											×		×	×	+	+	+				×	×	×	×				×		9		×	×		×		×			+						×		
		3000											×		×	×	×	+	+				×	×	×	×				×		8		×	×		×		×			+						×		
kΩ	„r_x“	×1000							+	+	+	+	×	+	+	+	+	+	+		+						×		+		+	14	×			×		+		+		+				+			×	+
		×100								+	+	+	×	+	+	+	+	+	+		+						×				+	15	×			×		+		+		+				+			×	+
		×10											×		+	+	+	+	+	+	+						×				+	16	×			×		+		+		+				+			×	+
		×1											×			+	+	+	+		+						×				+	17	×			×		+		+		+				+			×	+
Ω	„r_x“	×10											×		×	+	+	+	+		+						×				+	18	×			×		+			+		×	+			+		×	+

Рис 76 Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4324

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,32 при натяжении 65±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток отклонения 37,5 мкА. Сопротивление рамки 600±120 Ом; она содержит 600±50 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Напряжение встроенного источника питания 3,2...4 В. В приборе использована батарея из трех аккумуляторов Д-0,1. При измерении относительного уровня переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале необходимо прибавить число, указанное в табл. 55. Сопротивление всех резисторов, кроме R24 и R23, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 56).

Таблица 55. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения	3	6	15	60	150	300	600	900
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+26	+34	+40	+46	+50

Таблица 56. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4324**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	МЛТ-0,5-6,8 МОм ±5 % МЛТ-0,5-5,1 МОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 12±0,06 МОм
R2	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5 % МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 8,4±0,042 МОм
R3	МЛТ-0,5-680 кОм ±5 % МЛТ-0,5-510 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 1,2±0,006 МОм
R4	МЛТ-0,5-680 кОм ±5 % МЛТ-0,5-510 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 1,2±0,006 МОм
R5	МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 600±3 кОм
R6	МЛТ-0,5-180 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 360±1,8 кОм
R7	МЛТ-0,5-91 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 180±0,9 кОм
R8	МЛТ-0,5-18 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 36±0,18 кОм
R9	МЛТ-0,5-6,8 кОм ±5 % МЛТ-0,5-5,1 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 12±0,06 кОм
R10	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	3	Суммарное сопротивление с R26 10,5±0,05 кОм
R11	МЛТ-0,5-200 Ом ±5 % МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 500±2,5 Ом
R12	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 2,25±0,0115 кОм
R13	МЛТ-0,5-100 Ом ±5 % МЛТ-0,5-120 Ом ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 225±1 Ом

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R14	22,5±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R15	2,25±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R16	0,2±0,001 Ом, провод МнМц-3-12 1,2	1	Шунт
R17	0,05±0,00025 Ом, провод МнМц-3-12 1,5	1	»
R18	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 4,56±0,03 кОм
	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %		
R19	МЛТ-0,5-270 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 500±2,45 Ом
	МЛТ-0,5-240 Ом ±5 %	1	
R20	МЛТ-0,5-750 Ом ±5 %	1	
R21	МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %	1	
R22	МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %	1	
R23	ВС-0,125а-(110-430) Ом ±10 %	1	Суммарное сопротивление с $R_и$ 1000±6 Ом при t=20 °С
R24	МЛТ-0,5-(1...2) кОм ±5 %	1	Подбирается при регулировке
R25	СП-3-9а-16-2,2 кОм ±20 %	1	
R26	МЛТ-0,5-7,5 кОм ±5 %	1	
R27	МЛТ-0,5-270 кОм ±5 %	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	
VD3, VD4	Д103	2	Допускается Д220, КД521Г
C1	Конденсатор К50-6-6-50 мк ±20 %	1	
GB1	Аккумулятор Д-0,1	3	

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R23 (в омах) определяется по формуле

$$R_и + R23 = \{[1000 + 0{,}004(t - 20)R_и] \pm 6\},$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С.

Резистор R24 используют для подгонки прибора на переменном токе.

Комбинированный прибор Ц4325

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...20 000 Гц, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 57—59 и на рис. 77—79.

Таблица 57. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600; 120; 60; 30; 12; 6; 3; 1,2 В 0,6 В 120 мВ	Постоянный	50 60 30	—	±2,5
600; 300; 150; 60; 30; 15; 6 В 3 В	Переменный	250 300	—	±4
3000; 600; 120; 30; 6; 1,2; 0,3 мА 60; 30 мкА	Постоянный	—	0,4	±2,5
3000; 600; 150; 30; 6; 1,5; 0,3 мА	Переменный	—	1	±4

Таблица 58. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В	45...100	45...500
300 В	45...500	45...1000
150 В	45...1000	45...2000
60 В	45...2000	45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...5000	45...20 000

Таблица 59. **Пределы измерения сопротивления и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения Ω×	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
1	500	41	1,12...1,45		
10	5 000	4,1	1,12...1,45		
100	50 000	0,41	1,12...1,45	63	±2,5
1 000	500 000	0,041	1,12...1,45		
10 000	5 000 000	0,041	11,25...14,85		
dB	—10...+12	300	—	58	±4

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Прибор можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха —10...+40 °С и относительной влажности до 80 %.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,28 при натяжении 40±5 г с внешним магнитом. Ток полного

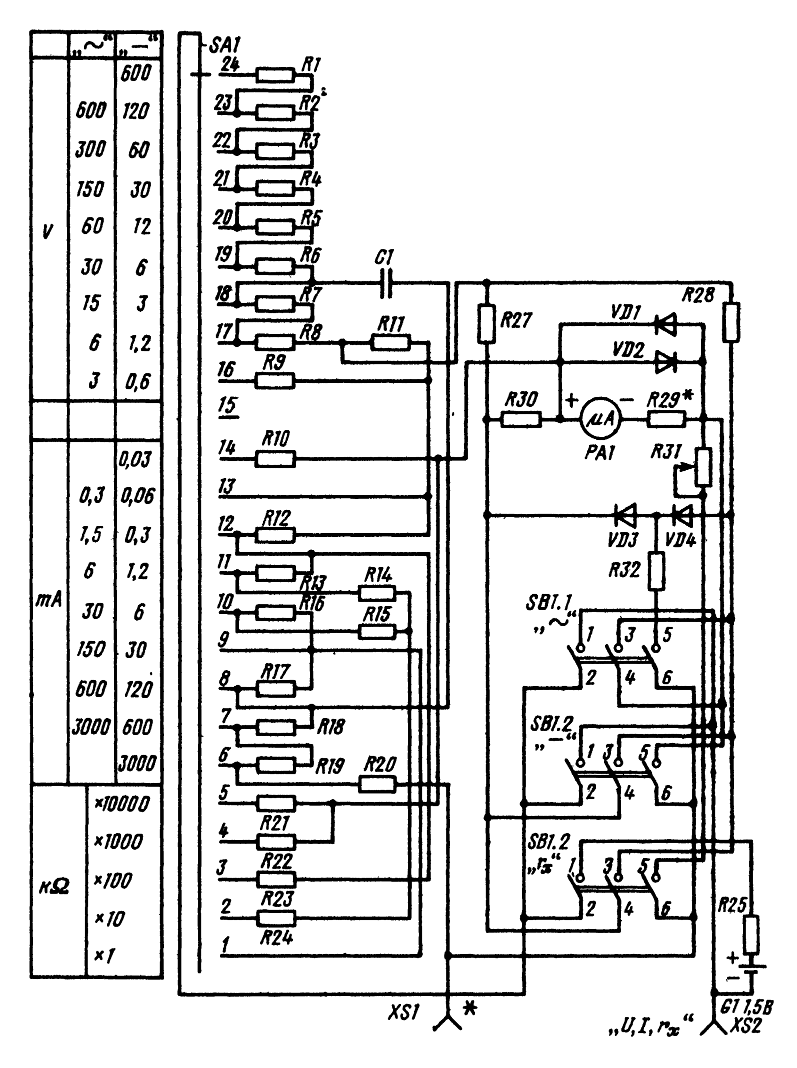


Рис. 77. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4325

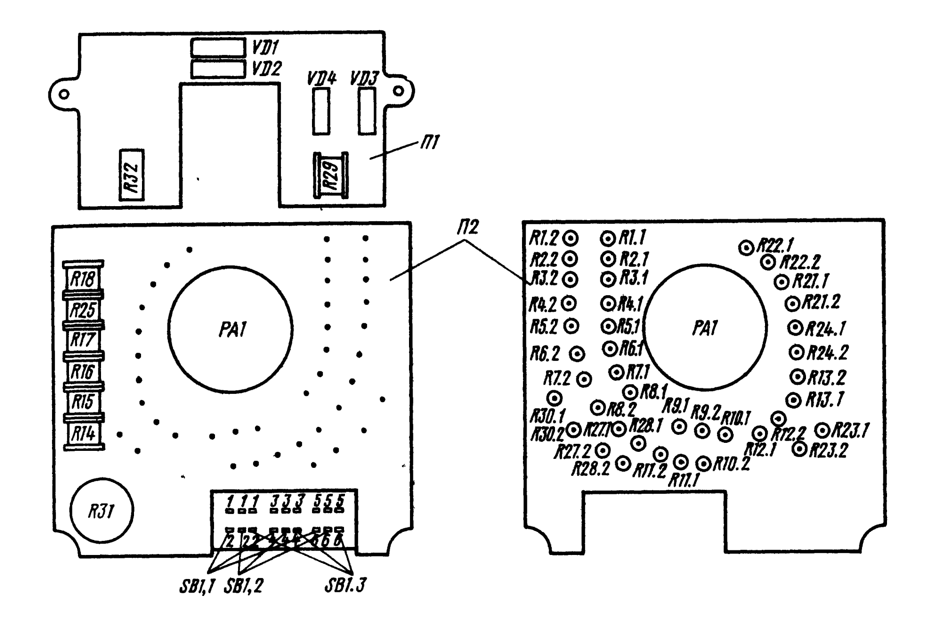


Рис. 78. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4325

отклонения 24 мкА, сопротивление рамки 385±55 Ом. Напряжение встроенного элемента питания 332 равно 1,2...1,45 В.

При измерении относительного уровня переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале «dB» необходимо прибавить числа, указанные в табл. 60.

Сопротивление всех резисторов, кроме R29 и R32, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 61).

Сопротивление резистора R29 изменяют при регулировке прибора на постоянном токе, причем суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R29 (в омах) определяют по формуле

$$R_и + R29 = \{[1250 + 0{,}004(t - 20)R_и] \pm 6\},$$

где t — температура, при которой подгоняют прибор, °С.

Резистором R32 подгоняют показания прибора при регулировке прибора на переменном токе.

Пределы			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R27	R28	R29	R30	R31	R32	VD[illegible]	G1	SA.1	SB1.1 1-2	SB1.1 3-4	SB1.1 5-6	SB1.2 1-2	SB1.2 3-4	SB1.2 5-6	SB1.3 1-2	SB1.3 3-4	SB1.3 5-6	G1
V	„–“	600	×	×	×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					24				×	o	×				
		120		×	×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					23				×	o	×				
		60			×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					22				×	o	×				
		30				×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					21				×	o	×				
		12					×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					20				×	o	×				
		6						×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					19				×	o	×				
		3							×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					18				×	o	×				
		1,2								×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					17				×	o	×				
		0,6									×		×	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					16				×	o	×				
	„~“	600		×	×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		23	×	×	×							o
		300			×	×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		22	×	×	×							o
		150				×	×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		21	×	×	×							o
		60					×	×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		20	×	×	×							o
		30						×	×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		19	×	×	×							o
		15							×	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		18	×	×	×							o
		6							o	×			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		17	×	×	×							o
		3(dB)							o	o	×		×	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		16	×	×	×							o
mA	„–“	0,03										×																o	o	×	o					14				×	o	×				
		0,06											×	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					13				+	o	×				
		0,3											×	×	+	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					12				+	o	×				
		1,2											×	×	×	+	+	+	+	+	+	+						×	o	×	×					11				+	o	×				
		6											×	×	×	×	×	+	+	+	+	+						×	o	×	×					10				+	o	×				
		30											×	×	×	×	×	×	+	+	+	+						×	o	×	×					9				+	o	×				
		120											×	×	×	×	×	×	×	+	+	+						×	o	×	×					8				+	o	×				
		600											×	×	×	×	×	×	×	×	+	+						×	o	×	×					7				+	o	×				
		3000											×	×	×	×	×	×	×	×	×	+						×	o	×	×					6				+	o	×				
	„~“	0,3											×	+	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		13	+	×	×							
		1,5											×	×	+	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		12	+	×	×							
		6											×	×	×	+	+	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		11	+	×	×							
		30											×	×	×	×	×	+	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		10	+	×	×							
		150											×	×	×	×	×	×	+	+	+	+						×	×	×	×		×	×		9	+	×	×							
		600											×	×	×	×	×	×	×	+	+	+						×	×	×	×		×	×		8	+	×	×							
		3000											×	×	×	×	×	×	×	×	+	+						×	×	×	×		×	×		7	+	×	×							
kΩ		×10000											o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×				×	o	o	×	o	×			×	5							×	o	×	
		×1000											o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×			×	o	o	×	o	×			×	4							×	o	×	
		×100											×	×	+	+	+	+	+	+	+	+			+		+	×	o	×	×	×			+	3							+	o	×	
		×10											×	×	×	×	+	+	+	+	+	+				+	+	×	o	×	×	×			+	2							+	o	×	
		×1											×	×	×	×	×	×	+	+	+	+					+	×	o	×	×	×			+	1							+	o	×	

Рис. 79. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4325

Таблица 60. **Поправочные числа к пределам измерения**

Предел измерения, В	3	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Таблица 61. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4325**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 9,6±0,048 МОм
	МЛТ-0,5-(4,7...5,1) МОм ±5 %	1	
R2	МЛТ-0,5-680 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 1200±6 кОм
	МЛТ-0,5-510 кОм ±5 %	1	
R3	МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 600±3 кОм
R4	МЛТ-0,5-180 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 360±1,8 кОм
R5	МЛТ-0,5-68 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 120±0,6 кОм
	МЛТ-0,5-51 кОм ±5 %	1	
R6	МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 60±0,3 кОм
R7	МЛТ-0,5-18 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 36±0,18 кОм
R8	МЛТ-0,5-11 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 22,44±0,11 кОм
	МЛТ-0,5-(11...12) кОм ±5 %	1	
R9	МЛТ-0,5-5,1 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 8,5±0,042 кОм
	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R10	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 3±0,015 кОм
R11	МЛТ-0,5-200 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивле- 500±2,5 Ом
	МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	1	
R12	МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 2000±10 Ом
R13	МЛТ-0,5-100 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 375±1,8 Ом
	МЛТ-0,5-270 Ом ±5 %	1	
R14	75±0,37 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R15	25±0,12 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R16	20±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R17	3,75±0,018 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R18	1±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R19	0,2±0,001 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	Шунт
R20	0,05±0,00025 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R21	МЛТ-0,5-200 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 398±3,9 кОм
R22	МЛТ-0,5-18 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 38,2±0,38 кОм
	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	
R23	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 3500±35 Ом
	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5 %	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R24	МЛТ-0,5-200 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 315±3,1 Ом
	МЛТ-0,5-110 Ом ±5 %	1	
R25	32,0±0,3 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R27	МЛТ-0,5-470 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 1080±5,5 Ом
	МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %	1	
R28	МЛТ-0,5-470 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 1080±5,5 Ом
	МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %	1	
R29	810...920 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R30	МЛТ-0,5-750 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1460±7,3 Ом
R31	СП3-9-25-3,3 кОм ±10 %	1	
R32	МЛТ-0,5-(1...2) кОм ±5 %	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д103	2	Допускается замена на Д103А, Д107, Д108
VD3, VD4	Д9Д	2	Допускается замена на Д9А, Д9М, Д9Е
	Конденсатор		
C1	КД2 М700-3-30 пФ	1	

Комбинированный прибор Ц4326

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения постоянного и переменного токов синусоидальной формы, относительного уровня напряжения переменного тока и сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 62—64 и на рис. 80—84.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Прибор используют при температуре окружающего воздуха 10...45 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре 30 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20М-0,32 при натяжении 65±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 37,5 мкА.

Рамка содержит 580...650 витков провода ПЭВ-1 0,03. Напряжение встроенного источника питания равно 1,3...1,5 В.

При измерении относительного переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале необходимо прибавить числа, указанные в табл. 65.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R23 и R24, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 66).

Таблица 62. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
900; 600; 120; 60; 30; 12; 3; 1,2; 0,3 В	Постоянный	50	—	±2,5
900; 600; 300; 150; 60; 15; 6; 3 В	Переменный	250	—	±4
3000; 600; 60; 6; 0,6; 0,06 мА	Постоянный	—	0,5	±2,5
3000; 300; 30; 3; 0,3 мА	Переменный	—	1,2	±4

Таблица 63. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900; 600; 300 В	45...60	45...100
150 В	45...100	45...500
60 В	45...1000	45...2000
15 В	45...5000	45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...10 000	45...20 000

Таблица 64. **Пределы измерения сопротивления и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×10	200 Ом	9	1,3...1,7	48	±2,5
кΩ×1	2 кОм	9	1,3...1,7		
кΩ×10	20 кОм	0,9	1,3...1,7	52	±2,5
кΩ×100	200 кОм	0,09	1,3...1,7		
кΩ×1000	2000 кОм	0,09	13...17		
dB	—10...±12	0,25	—	48	±4

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R23

$$R_и + R23 = 900 \pm 6 \text{ Ом}$$

при температуре 20 °C.

Резистор R24 предназначен для подгонки прибора на переменном токе.

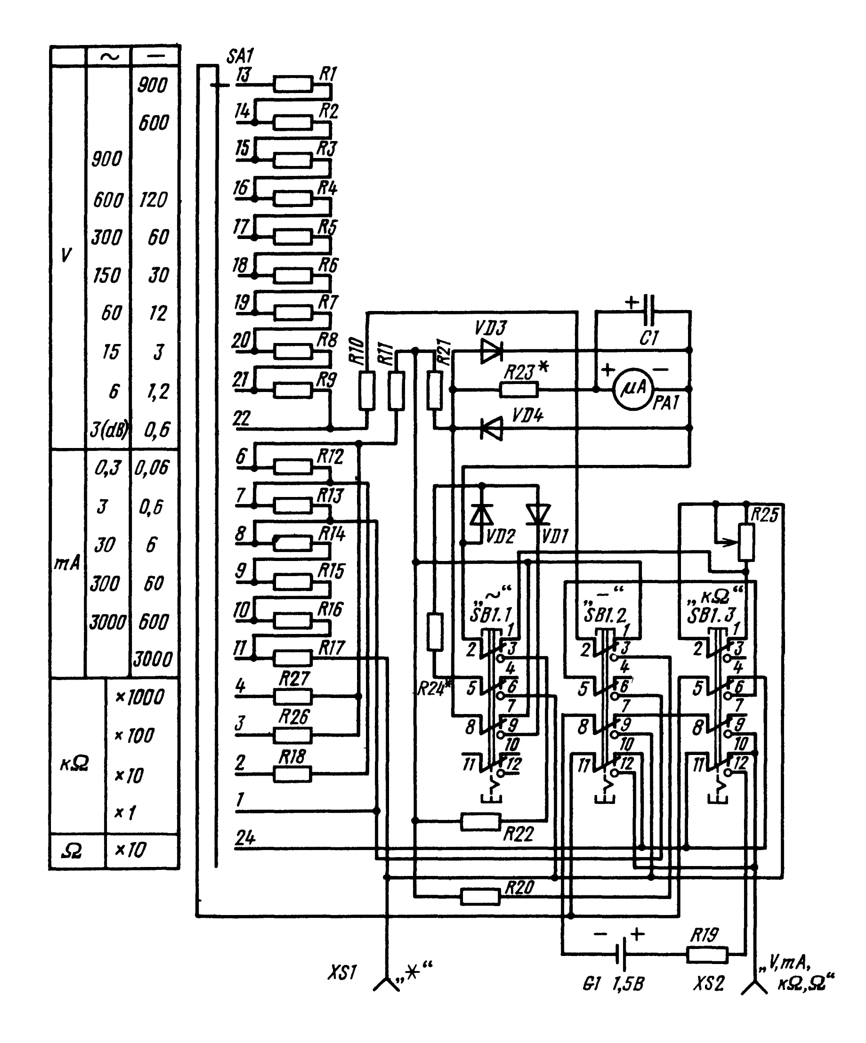


Рис 80 Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4326 (вариант 1)

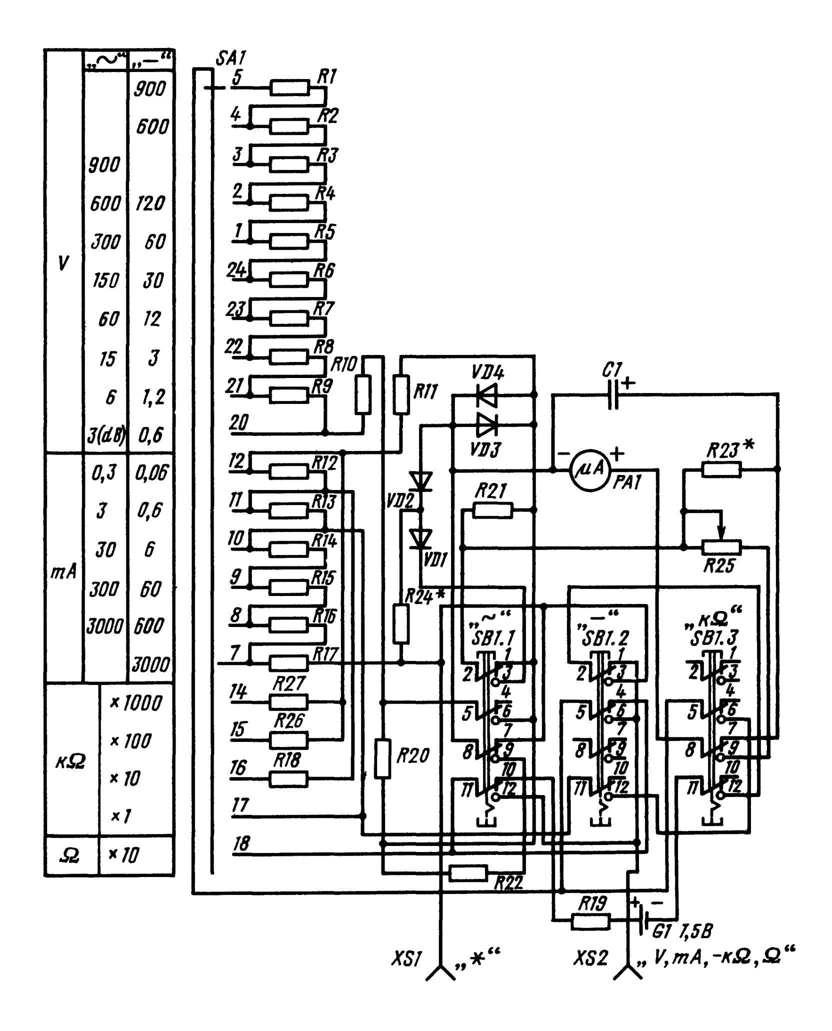
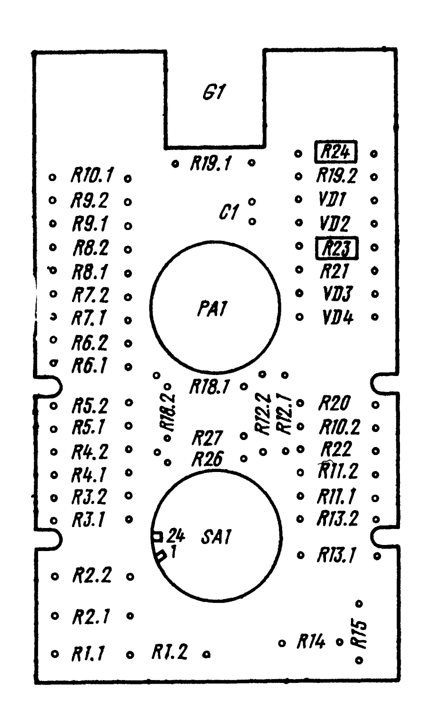


Рис 81 Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4326 (вариант 2)



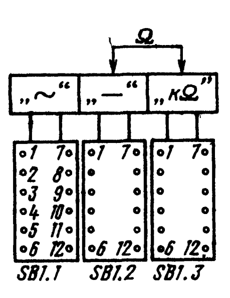


Рис. 82. Схема расположения элементов прибора Ц4326. (Все элементы, за исключением резисторов R23, R24, размещены с обратной стороны платы, резистор R25 закреплен на передней крышке прибора, R16, R17 — резисторы универсального шунта)

Таблица 65. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	3	6	15	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+26	+34	+40	+46

Пределы			Элементы																																																
																																	SB1.1 „~“					SB1.2 „–“							SB1.3 „кΩ“						
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23, C1	R24	R25	R26	R27	VD1, VD2	GB1	SA1	1-2	2-3	5-6	7-8	8-9	1-2	2-3	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	8-9	10-11	11-12
V	„–“	900	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							13	×			×			×					×	×						
		600		×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							14	×			×			×					×	×						
		120				×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							16	×			×			×					×	×						
		60					×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							17	×			×			×					×	×						
		30						×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							18	×			×			×					×	×						
		12							×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							19	×			×			×					×	×						
		3								×	×	×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							20	×			×			×					×	×						
		1,2									×	×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							21	×			×			×					×	×						
		0,6										×	○	○	○	○	○	○	○			×			×							22	×			×			×					×	×						
	„~“	900			×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○				×	×	×	×				×		15		×	×		×	×					×							×	
		600				×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○				×	×	×	×				×		16		×	×		×	×					×							×	
		300					×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○				×	×	×	×				×		17		×	×		×	×					×							×	
		150						×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○				×	×	×	×				×		18		×	×		×	×					×							×	
		60							×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○				×	×	×	×				×		19		×	×		×	×					×							×	
		15								×	×	×	○	○	○	○	○	○	○				×	×	×	×				×		20		×	×		×	×					×							×	
		6									×	×	○	○	○	○	○	○	○				×	×	×	×				×		21		×	×		×	×					×							×	
		3(dB)										×	○	○	○	○	○	○	○				×	×	×	×				×		22		×	×		×	×					×							×	
mA	„–“	0,06											×	+	+	+	+	+	+						×							6	×			×								+	×						
		0,6											×	×	+	+	+	+	+						×							7	×			×								+	×						
		6											×	×	+	+	+	+	+						×							8	×			×								+	×						
		60											×	×	×	×	+	+	+						×							9	×			×								+	×						
		600											×	×	×	×	×	+	+						×							10	×			×								+	×						
		3000											×	×	×	×	×	×	+						×							11	×			×								+	×						
	„~“	0,3											×	+	+	+	+	+	+				×	×	×	×				×		6		×	×		×						+							+	
		3											×	×	+	+	+	+	+				×	×	×	×				×		7		×	×		×						+							+	
		30											×	×	×	+	+	+	+				×	×	×	×				×		8		×	×		×						+							+	
		300											×	×	×	×	+	+	+				×	×	×	×				×		9		×	×		×						+							+	
		3000											×	×	×	×	×	+	+				×	×	×	×				×		10		×	×		×						+							+	
кΩ		×1000											×	○	○	○	○	○	○		×				×		×		×		×	4	×			×					×		×						×		×
		×100											×	○	○	○	○	○	○		×				×		×	×			×	3	×			×					×		×						×		×
		×10											×	×	+	+	+	+	+	+	+				×		×				+	2	×			×					+		+						+		+
		×1											×	×	×	+	+	+	+		+				×		×				+	1	×			×					+		+						+		+
Ω		×10											×	×	×	+	+	+	+		+				×		×				+	24	×			×				+		+		×				+			+

Рис. 83. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4326 (вариант 1)

Пределы			Элементы																														SB1.1 „~“							SB1.2 „–“					SB1.3 „kΩ“			
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23, C1	R24	R25	R26	R27	VD1	VD2	G1	SA1	1-2	2-3	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	11-12	5-6	7-8	8-9	11-12
	„–“	900	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								5	X			X							X			X		
		600		X	X	X	X	X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								4	X			X							X			X		
		120				X	X	X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								2	X			X							X			X		
		60					X	X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								1	X			X							X			X		
		30						X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								24	X			X							X			X		
		12							X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								23	X			X							X			X		
		3								X	X	X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								22	X			X							X			X		
		1,2									X	X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								21	X			X							X			X		
		0,6										X	o	o	o	o	o	o	o			X			X								20	X			X							X			X		
	„~“	900			X	X	X	X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o				X	X	X	X				X	X		3		X	X		X		X			X				X		
		600				X	X	X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o				X	X	X	X				X	X		2		X	X		X		X			X				X		
		300					X	X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o				X	X	X	X				X	X		1		X	X		X		X			X				X		
		150						X	X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o				X	X	X	X				X	X		24		X	X		X		X			X				X		
		60							X	X	X	X	o	o	o	o	o	o	o				X	X	X	X				X	X		23		X	X		X		X			X				X		
		15								X	X	X	o	o	o	o	o	o	o				X	X	X	X				X	X		22		X	X		X		X			X				X		
		6									X	X	o	o	o	o	o	o	o				X	X	X	X				X	X		21		X	X		X		X			X				X		
		3(dB)										X	o	o	o	o	o	o	o				X	X	X	X				X	X		20		X	X		X		X			X				X		
mA	„–“	3000											X	X	X	X	X	X	+						X								7	X			X							+			X		
		600											X	X	X	X	X	+	+						X								8	X			X							+			X		
		60											X	X	X	X	+	+	+						X								9	X			X							+			X		
		6											X	X	X	+	+	+	+						X								10	X			X							+			X		
		0,6											X	X	+	+	+	+	+						X								11	X			X							+			X		
		0,06											X	+	+	+	+	+	+						X								12	X			X							+			X		
	„~“	3000											X	X	X	X	X	+	+				X	X	X	X				X	X		8		X	X		X		+			+				X		
		300											X	X	X	X	+	+	+				X	X	X	X				X	X		9		X	X		X		+			+				X		
		30											X	X	X	+	+	+	+				X	X	X	X				X	X		10		X	X		X		+			+				X		
		3											X	X	+	+	+	+	+				X	X	X	X				X	X		11		X	X		X		+			+				X		
		0,3											X	+	+	+	+	+	+				X	X	X	X				X	X		12		X	X		X		+			+				X		
kΩ		×1000											X	o	o	o	o	o	o		X						X		X			X	14	X			X		X		X		X					X	X
		×100											X	o	o	o	o	o	o		X						X	X				X	15	X			X		X		X		X					X	X
		×10											X	X	+	+	+	+	+	+	+						X					+	16	X			X		+		+		+					X	+
		×1											X	X	X	+	+	+	+		+						X					+	17	X			X		+		+		+					X	+
Ω		×10											X	X	X	+	+	+	+		+						X					+	18	X			X		+			+		X	+	+		X	+

Рис. 84. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4326 (вариант 2)

Таблица 66 **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4326**

Позиционное обозначение	Наименование	Число шт	Примечание
	Резисторы		
R1	МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 6±0,03 МОм
R2	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5 % МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 8,4±0,042 МОм
R3	МЛТ-0,5-680 кОм ±5 % МЛТ-0,5-510 кОм ±10 %	1 1	Суммарное сопротивление 1,2±0,006 МОм
R4	МЛТ-0,5-680 кОм ±5 % МЛТ-0,5-510 кОм ±10 %	1 1	Суммарное сопротивление 1,2±0,006 МОм
R5	МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 600±3 кОм
R6	МЛТ-0,5-180 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 360±1,8 кОм
R7	МЛТ-0,5-91 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 180±0,9 кОм
R8	МЛТ-0,5-18 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 36±0,18 кОм
R9	МЛТ-0,5-6,8 кОм ±5 % МЛТ-0,5-5,1 кОм ±10 %	1 1	Суммарное сопротивление 12±0,06 кОм
R10	МЛТ-0,5-6,2 кОм ±5 % МЛТ-0,5-4,3 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 10,5±0,05 кОм
R11	МЛТ-0,5-200 Ом ±10 % МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 500±2,5 Ом
R12	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 2250±11 Ом
R13	МЛТ-0,5-100 Ом ±10 % МЛТ-0,5-120 Ом ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 225±1,12 Ом
R14	22,5±0,11 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R15	2,25±0,011 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R16	0,2±0,001 Ом, провод МнМц-3-12 1,2	1	Шунт
R17	0,05±0,00025 Ом, провод МнМц-3-12 1,5	1	»
R18	МЛТ-0,5-820 Ом ±10 %	2	Суммарное сопротивление 1660±8,3 Ом
R19	МЛТ-0,5-91 Ом ±10 %	2	Суммарное сопротивление 180±0,9
R20	МЛТ-0,5-750 Ом ±5 %	1	
R21, R22	МЛТ-0,5-1 кОм ±10 %	2	
R23*	ВС-0,125а-(110 300) Ом	1	
R24*	МЛТ-0,5-(560 1200) Ом ±10 %	1	
R25	СП-9а-16-2,2 кОм ±20 %	1	Переменный
R26	МЛТ-0,5-10 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 19,4±0,097 кОм
R27	МЛТ-0,5-110 кОм ±10 % МЛТ 0,5-100 кОм ±10 %	1	Суммарное сопротивление 206±1 кОм
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	
VD3, VD4	КД521Г	2	

Окончание табл. 66

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Конденсатор		
C1	К5-6-1-6 В-50 мкФ	1	

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4340

Прибор с защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 67—69 и на рис. 85—89.

Входное сопротивление прибора 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В — переменного. Рабочая температура —20...+40 °С (без источника питания —30...+40 °С), относительная влажность до 90 % (при температуре 30 °С), для тропического исполнения (Ц4340Т) —5...+45 °С, относительная влажность до 95 % (при температуре 35 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр.М-0,36 при натяжении 40±5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 50 мкА. Рамка содержит 500 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Прибор питается от встроенных батарей 3336У.

Таблица 67. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отключения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
1000; 500; 250; 50; 10; 25; 0,5 В	Постоянный	50	—	±1
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5 В	Переменный	500	—	±2,5
25; 5; 2,5; 0,5 А 100; 25; 5; 1 мА 250; 50 мкА	Постоянный	—	0,75	±1
25; 5; 2,5; 0,5 А 100; 25; 5; 1 мА 250 мкА	Переменный	—	1,1	±2,5

Таблица 68. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000 В	45...60	45...400
500; 250 В	45...60	45...1000
25; 5; 2,5; 0,5 А	45...60	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...60	45...10 000

Таблица 69. **Пределы измерения сопротивления**

Предел измерения kΩ×	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА
10 000	30 МОм	40/0,3*
1 000	3 МОм	25/0,3*
100	300 кОм	0,3
10	30 кОм	3
1	3 кОм	30

* Омметр питается выходным напряжением преобразователя Ток, потребляемый преобразова телем, указан в числителе Основная погрешность ±1,5 % — от длины рабочей части шкалы, равной 50 мм Напряжение питания 3,7 4,8 В

Сопротивление всех резисторов, за исключением R10, R11, R19, R20, R21, R29, R30, R41, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 70).

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний (или установки режимов работы):

R10, R11 — на пределах измерения сопротивления ×10 000 и ×1000 кОм соответственно;

R19 — на одном из пределов постоянного тока;

R20 — при измерении переменного тока и напряжения;

R29 — на пределе 2,5 В переменного напряжения;

R30 — на пределе 10 В переменного напряжения;

R41 — для установки выходного напряжения встроенного преобразователя напряжения таким образом, чтобы на пределах ×10 000 и ×1000 кОм можно было килоомметр установить на «нуль».

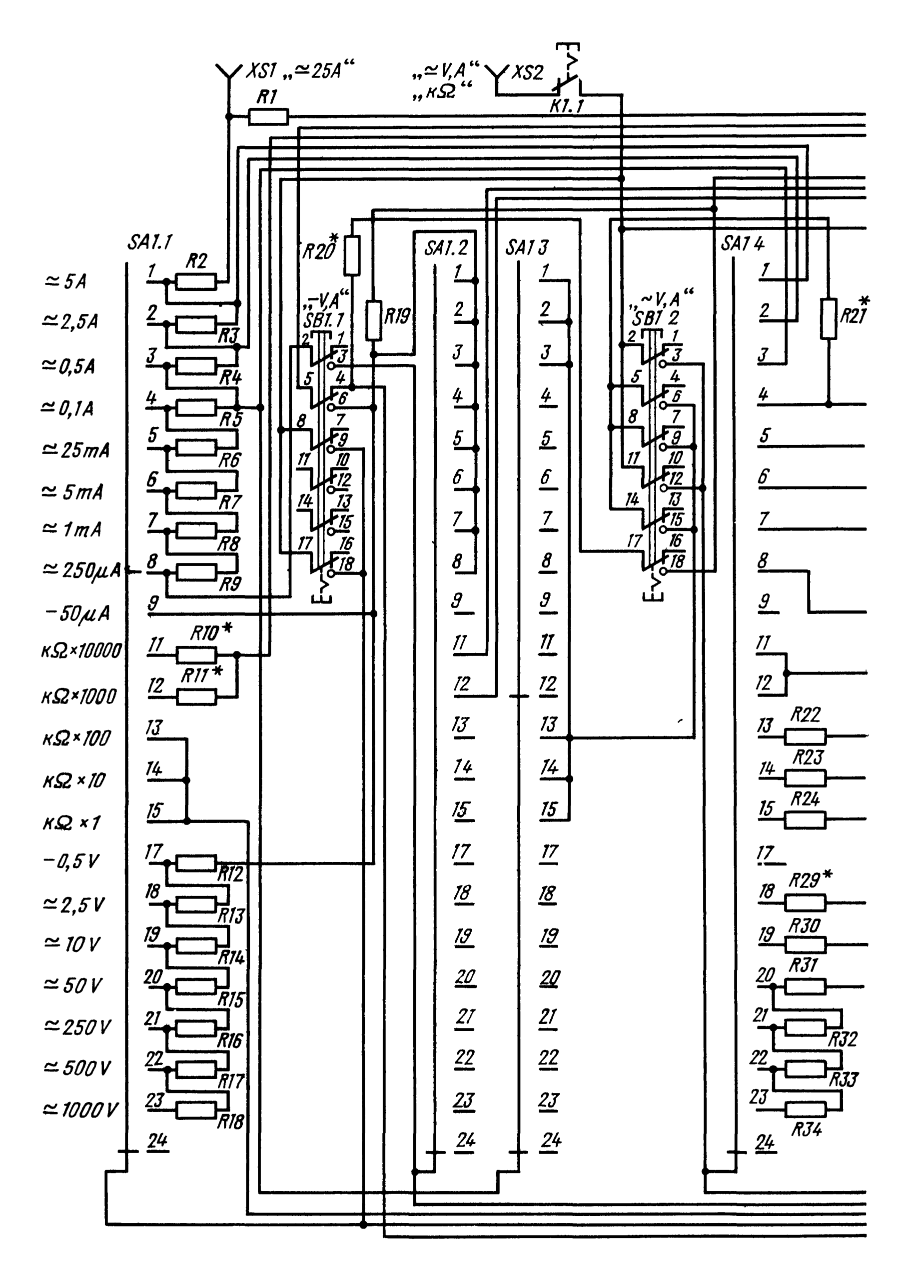
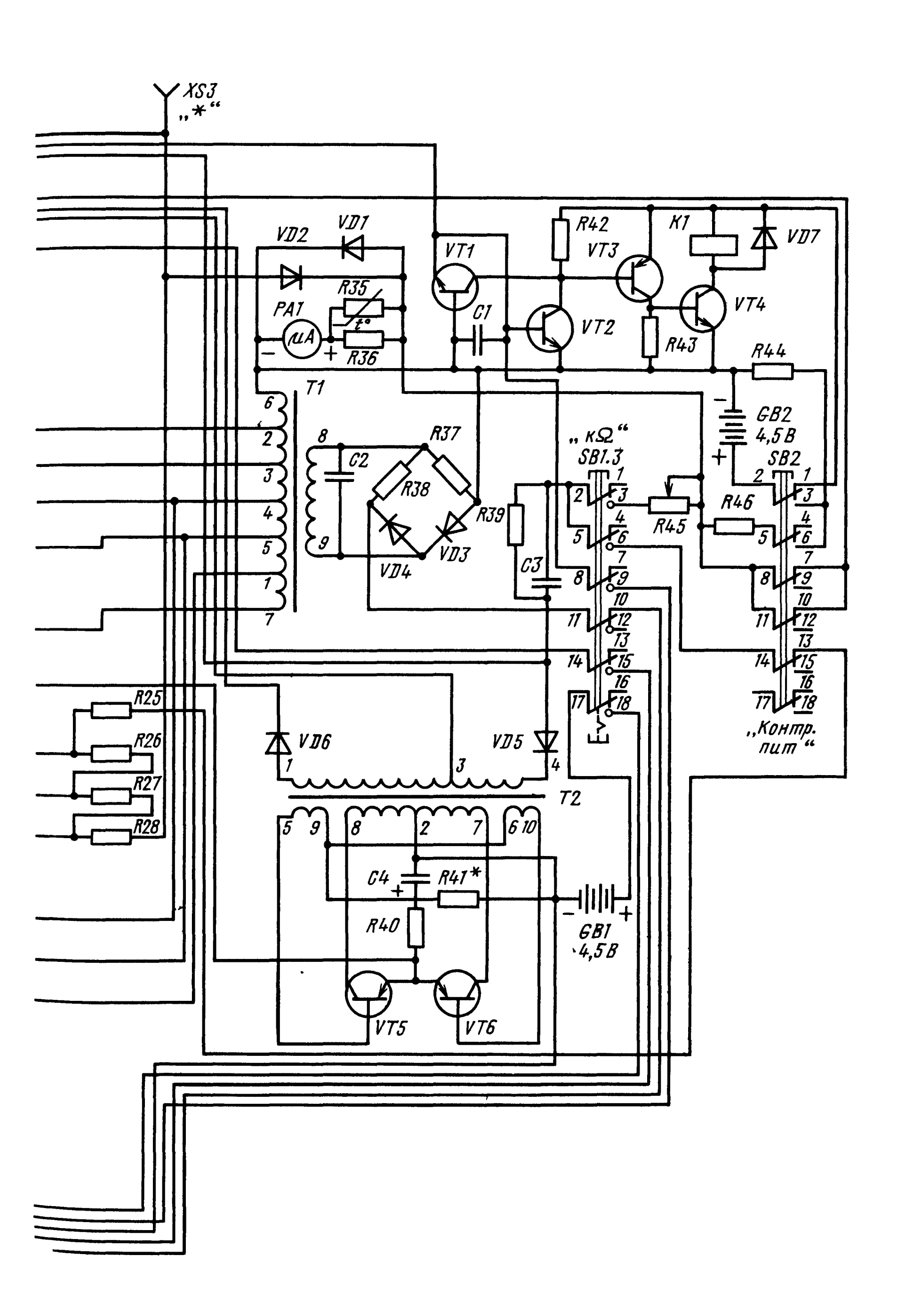


Рис 85 Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4340


XS3
„*"
VD2
VD1
R35
PA1
μA
R36
VT1
C1
R42
VT3
K1
VD7
VT2
VT4
R43
R44
T1
GB2
4,5 B
„ kΩ"
SB1.3
SB2
R37
C2
R38
R39
VD3
VD4
R45
R46
C3
„Контр.
пит"
R25
R26
R27
R28
VD6
VD5
T2
C4
R41*
R40
GB1
4,5B
VT5
VT6

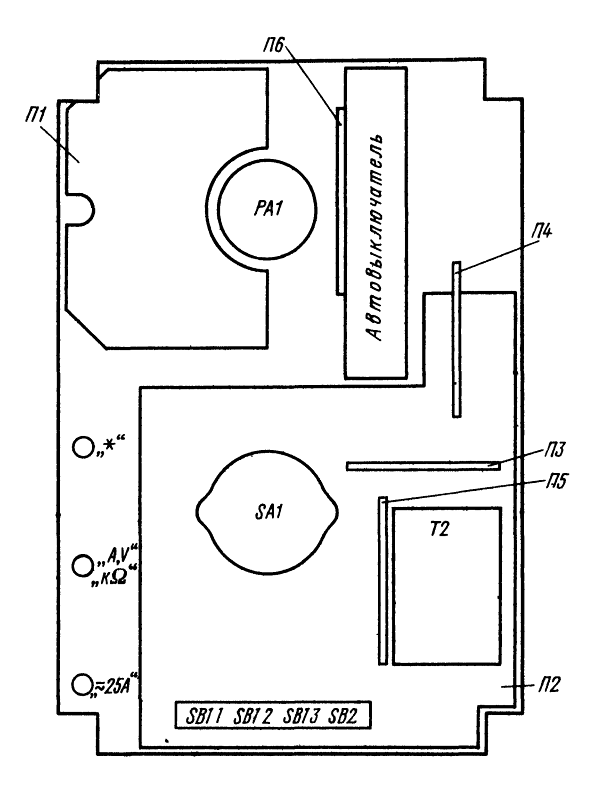


Рис 86 Схема расположения элементов комбинированно го прибора Ц4340

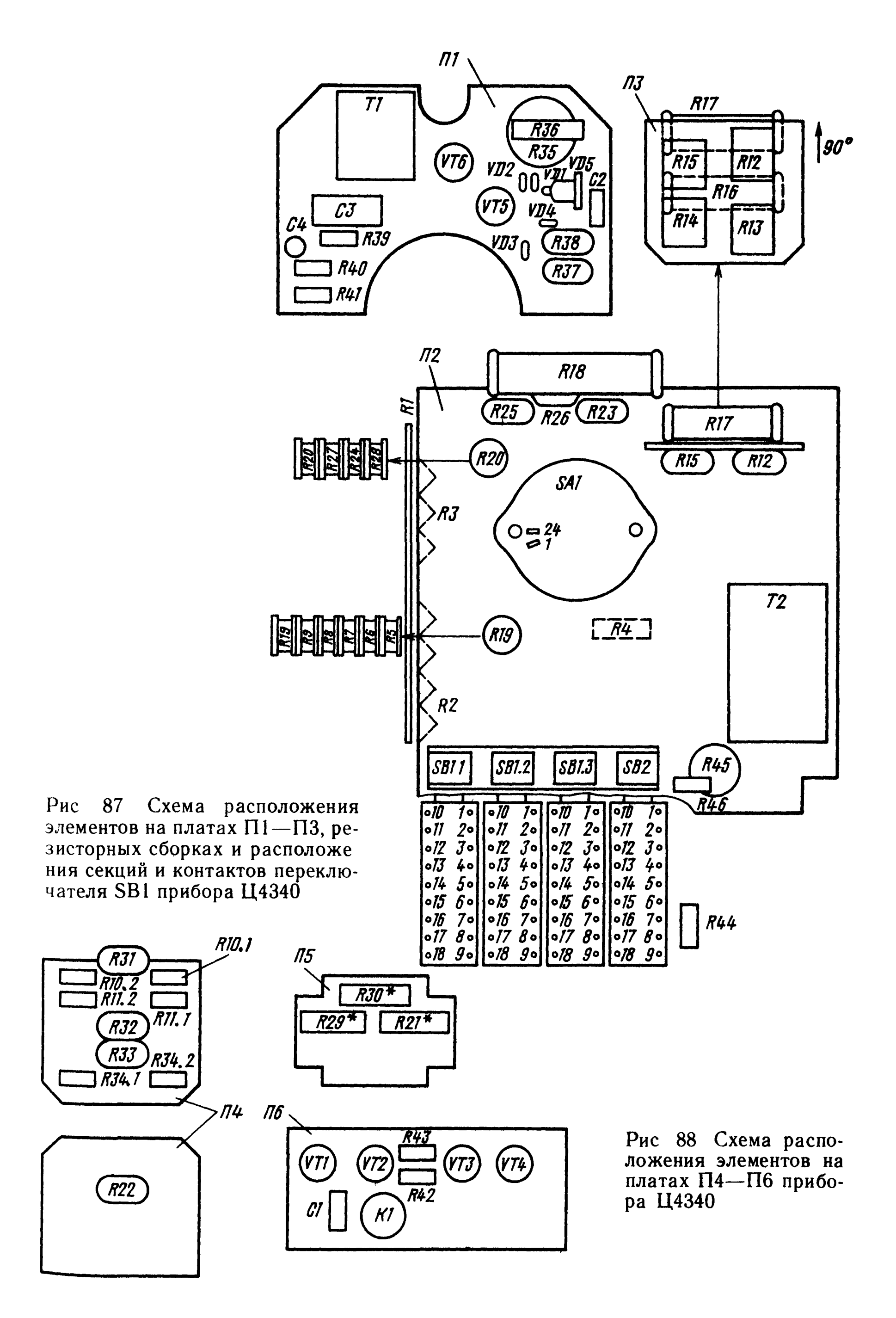


Рис 87 Схема расположения элементов на платах П1—П3, резисторных сборках и расположения секций и контактов переключателя SB1 прибора Ц4340

Рис 88 Схема расположения элементов на платах П4—П6 прибора Ц4340

Пределы			Элементы																																					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38
V	„−“	1000												×	×	×	×	×	×	×	×																×	×		
		500												×	×	×	×	×	×		×																×	×		
		250												×	×	×	×	×			×																×	×		
		50												×	×	×	×				×																×	×		
		10												×	×	×					×																×	×		
		2,5												×	×						×																×	×		
		0,5												×							×																×	×		
	„~“	1000																				×											⊗	⊗	⊗	⊗	×	×	×	×
		500																				×											⊗	⊗	⊗		×	×	×	×
		250																				×											⊗	⊗			×	×	×	×
		50																				×											⊗				×	×	×	×
		10																				×										⊗					×	×	×	×
		2,5																				×									⊗						×	×	×	×
A	„−“	25	+	×	×	×	×	×	×	×	×										×																×	×		
		5	+	+	×	×	×	×	×	×	×										×																×	×		
		2,5	+	+	+	×	×	×	×	×	×										×																×	×		
		0,5	+	+	+	+	×	×	×	×	×										×																×	×		
		0,1	+	+	+	+	+	×	×	×	×										×																×	×		
mA		25	+	+	+	+	+	+	×	×	×										×																×	×		
		5	+	+	+	+	+	+	+	×	×										×																×	×		
		1	+	+	+	+	+	+	+	+	×										×																×	×		
		0,25	+	+	+	+	+	+	+	+	+										×																×	×		
		0,05																			×																×	×		
A	„~“	25	+	⊗	⊗	⊗																×	⊗														×	×	×	×
		5	+	+	⊗	⊗																×	⊗														×	×	×	×
		2,5	+	+	+	⊗																×	⊗														×	×	×	×
		0,5	+	+	+	+																×	⊗														×	×	×	×
		0,1																				×															×	×	×	×
mA		25																				×															×	×	×	×
		5																				×															×	×	×	×
		1																				×															×	×	×	×
		0,25																				×															×	×	×	×
kΩ	×10000											×															∘	∘	∘	∘							×	×		
	×1000												×														∘	∘	∘	∘							×	×		
	×100																							+			×	+	+	+							×	×		
	×10																								+		×	×	+	+							×	×		
	×1																									+	×	×	×	+							×	×		

Рис 89 Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4340

Таблица 70 **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4340**

Позиционное обозначение	Наименование	Число шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,0045±0,000009 Ом, провод МнМц-3-12 лист 0,7	1	Шунт
R2	0,018±0,000036 Ом, провод МнМц-3-12 лист 0,5	1	»
R3	0,0225±0,000045 Ом, провод МнМц-3-12 лист 0,5	1	»
R4	0,18±0,00036 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	
R5	0,9±0,0018 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R6	3,375±0,00675 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	

R39, C3	R45	R46	VD3, VD4	T1	GB1	SA1.1	SA1.2	SA1.3	SA1.4	SB1.1 2-3	SB1.1 4-5	SB1.1 5-6	SB1.1 8-9	SB1.1 17-18	SB1.2 2-3	SB1.2 5-6	SB1.2 8-9	SB1.2 11-12	SB1.2 14-15	SB1.2 17-18	SB1.3 2-3	SB1.3 5-6	SB1.3 8-9	SB1.3 10-11	SB1.3 14-15	SB1.3 17-18	T2	VD5	VD6	SB2 7-8	SB2 10-11	SB2 13-14
						23						3	×	×																×	×	
						22						3	×	×																×	×	
						21						3	×	×																×	×	
						20						3	×	×																×	×	
						19						3	×	×																×	×	
						18						3	×	×																×	×	
						17						3	×	×																×	×	
			×	×					23		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					22		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					21		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					20		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					19		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
			×	×					18		3				⊗			⊗		×				×						×	×	
						1	1	1		×		3																		×	×	
						1	1	1		×		3	+	+																×	×	
						2	2	2		×		3	+	+																×	×	
						3	3	3		×		3	+	+																×	×	
						4	4			×		3	+	+																×	×	
						5	5			×		3	+	+																×	×	
						6	6			×		3	+	+																×	×	
						7	7			×		3	+	+																×	×	
						8	8			×		3	+	+																×	×	
							9					3	×	×																×	×	
			×	×				1	1		3					⊗	⊗		⊗					×						×	×	
			×	×				1	1		3				+	⊗	⊗	+	⊗					×						×	×	
			×	×				2	2		3				+	⊗	⊗	+	⊗					×						×	×	
			×	×				3	3		3				+	⊗	⊗	+	⊗					×						×	×	
			×	×					4		3				⊗			⊗						×						×	×	
			×	×					5		3				⊗			⊗						×						×	×	
			×	×					6		3				⊗			⊗						×						×	×	
			×	×					7		3				⊗			⊗						×						×	×	
			×	×					8		3				⊗			⊗						×						×	×	
×	×				+	11	11		11												×	○	3		×	+	+	+	+			○
×	×				+	12	12		12												×	○	3		×	+	+	+				○
	×				+	13		13	13												×	×	3		+	+						×
	×				+	14		14	14												×	×	3		+	+						×
	×				+	15		15	15												×	×	3		+	+						×

Продолжение табл. 70

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R7	18±0,036 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	90±0,18 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R9	337,5±0,675 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R10*	МЛТ-0,5-2 МОм ±5 %	1	
	МЛТ-0,5-150 кОм ±10 %	1	Регулировочный
R11*	МЛТ-0,5-180 кОм ±10 %	1	
	МЛТ-0,5-27 кОм ±10 %	1	Регулировочный
R12	С5-55-0,125-8,2 кОм ±0,2 %	1	
R13	С5-55-0,125-40 кОм ±0,2 %	1	
R14	С5-55-0,125-150 кОм ±0,2 %	1	
R15	С5-55-0,125-800 кОм ±0,2 %	1	

Окончание табл. 70

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R16	МРХ-0,25-4 МОм ±0,05 Б	1	
R17	МРХ-0,25-5 МОм ±0,05 Б	1	
R18	МРХ-0,5-10 МОм ±0,05 Б	1	
R19*	До 1200 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R20*	До 1000 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R21*	До 0,9 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R22	С5-55-0,125-20,7 кОм ±0,5 %	1	
R23	С5-55-0,125-2,02 кОм ±0,5 %	1	
R24	197,4±0,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R25	С5-55-0,125-3,2 кОм ±0,5 %	1	
R26	С5-55-0,125-1,56 кОм ±0,5 %	1	
R27	156,6±0,8 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R28	17,4±0,09 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R29*	До 470 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R30*	До 10 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R31	С5-55-0,125-99 кОм ±0,5 %	1	
R32	С5-55-0,125-400 кОм ±0,2 %	1	
R33	С5-55-0,125-500 kOm ±0,2 %	1	
R34	МЛТ-0,5-430 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 1±0,005 МОм
	МЛТ-0,5-560 кОм ±10 %	1	
R35	ММТ-8-270 Ом ±20 %	1	Терморезистор
R36	250±1,2 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R37	С5-55-0,125-3,9 кОм ±0,5 %	1	
R38	С5-55-0,125-3,9 кОм ±0,5	1	
R39	МЛТ-0,5-1 МОм ±10 %	1	
R40	МЛТ-0,5-560 Ом ±5 %	1	
R41*	МЛТ-0,5-3,9 кОм ±10 %	1	Регулировочный
R42	МЛТ-0,5-120 кОм ±5 %	1	
R43	МЛТ-0,5-39 кОм ±5 %	1	
R44	МЛТ-0,5-68 Ом ±5 %	1	
R45	СП3-9а-4,7 кОм ±20 %	1	
R46	МЛТ-0,5-100 кОм ±5 %	1	
	Конденсаторы		
C1	КЛС-1в-М47-150 пФ ±10 %	1	
C2	КЛС-1а-М47-150 пФ ±10 %	1	
C3	МБМ-160-0,1 ±10 %	1	
C4	К50-6-15-5-БИ	1	
	Диоды		
VD1—VD4 VD6	КД521Г	5	
VD5	Д226Б	1	
VD7	Д9Д	1	
	Транзисторы		
VT1, VT2, VT4	МП113	3	
VT3	П403	1	
VT5, VT6	МП41	2	

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4341

Прибор предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного синусоидального тока и напряжения, сопротивления постоянному току, а также параметров маломощных (менее 150 мВт) транзисторов Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл 71—73 и на рис 90—94

Входное сопротивление прибора равно 16,7 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 3,3 кОм/В — переменного Прибор используют при температуре окружающего воздуха —10 +40 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре 30 °С)

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр20М-0,25 при натяжении 60±5 г с внутрирамочным магнитом Ток полного отклонения 42,5±0,5 мкА Рамка содержит 370—465 витков провода ПЭВ 1 0,03

Измеряют обратный ток коллектора $I_{КБО}$, начальный ток коллектора $I_{К\,н}$ на пределе 60 мкА с точностью ±2,5 % Статический коэффициент передачи тока транзистора по схеме с общим эмиттером измеряют в пределах 70 350 с точностью ±10 %

Сопротивление всех резисторов прибора, за исключением R25, R26, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме (табл 74)

Таблица 71 **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения мкА	Падение напряжения на зажимах В	Основная погрешность %
900, 300, 150, 60, 30, 6, 1,5, 0 3 В	Постоянный	60	—	±2,5
750, 300, 150, 30, 7,5, 1,5 В	Переменный	300	—	±4
600, 60, 6, 0,6 мА 60 мкА	Постоянный	—	0,3	±2,5
300, 30, 3, 0,3 мА	Переменный	—	1,3	±4

Таблица 72 **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область Гц	
	номинальная	расширенная
750 В	45 500	45 2000
300 В	45 1000	45 5000
150 В	45 1000	45 1500
Остальные пределы напряжения и тока	45 5000	45 20 000

Т а б л и ц а 73. **Пределы измерения сопротивления**

Предел измерения kΩ×	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В
0,1	0,5 кОм	80	
1	5 кОм	8	
10	50 кОм	0,8	3,7...4,8
100	500 кОм	0,08	
	5 МОм	0,08	37...48

MΩ×1

П р и м е ч а н и е. Основная погрешность ±2,5 % — при длине рабочей части шкалы, равной 86 мм.

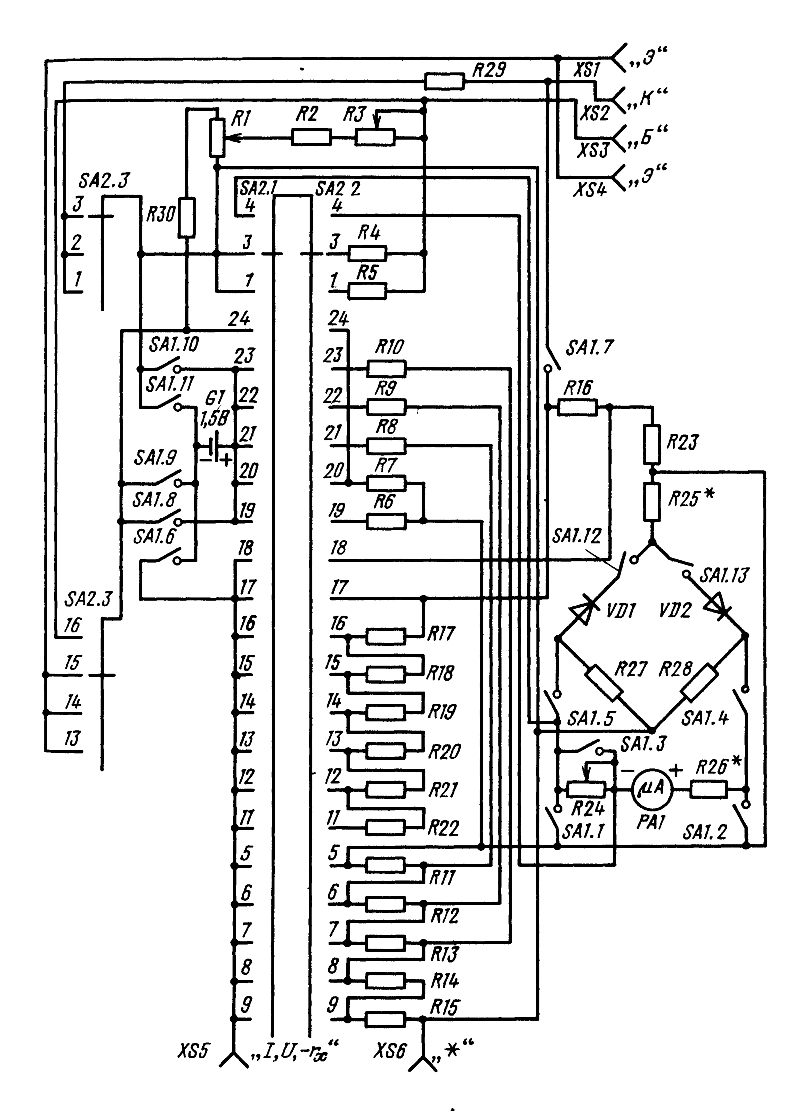


Рис 90 Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4311

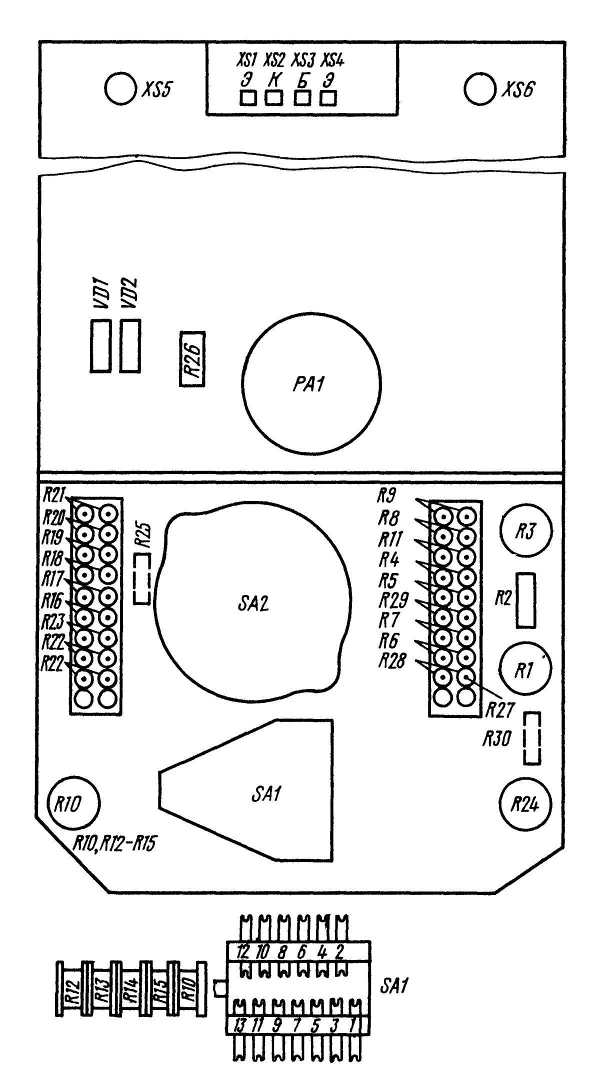
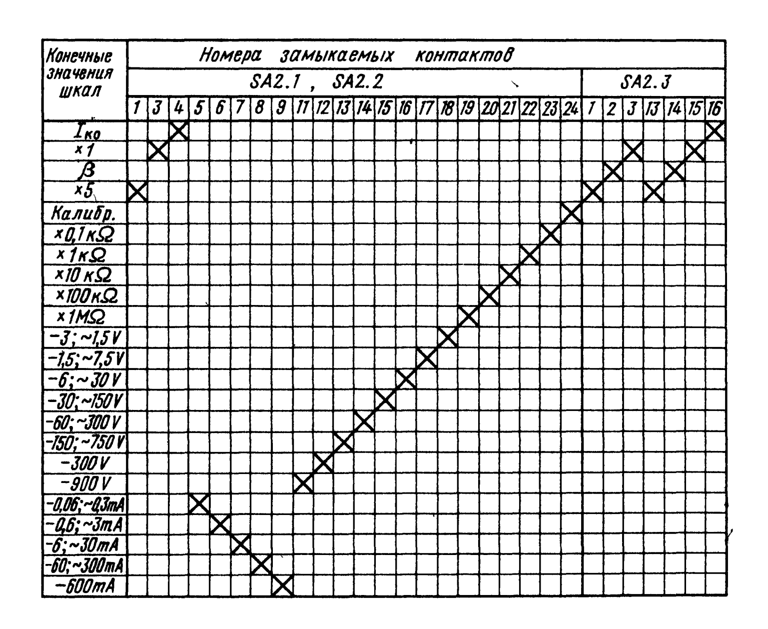


Рис 91 Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4341

Род работы SA1	Номера замыкаемых контактов												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
~			X	X	X							X	X
—		X	X		X								
r_x		X			X	X							
p-n-p		X			X		X	X			X		
n-p-n	X			X			X		X	X			

Рис. 92. Матрица замыкаемых контактов переключателя SB1 прибора Ц4341



Конечные значения шкал	Номера замыкаемых контактов																												
	SA2.1 , SA2.2																						SA2.3						
	1	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	13	14	15	16
$I_{ко}$			X																										X
×1		X																							X			X	
β																								X			X		
×5	X																						X			X			
Калибр.																						X							
×0,1kΩ																					X								
×1kΩ																				X									
×10kΩ																			X										
×100kΩ																		X											
×1MΩ																	X												
−3; ~1,5V																X													
−1,5; ~7,5V															X														
−6; ~30V														X															
−30; ~150V													X																
−60; ~300V												X																	
−150; ~750V											X																		
−300V										X																			
−900V									X																				
−0,06; ~0,3mA				X																									
−0,6; ~3mA					X																								
−6; ~30mA						X																							
−60; ~300mA							X																						
−600mA								X																					

Рис. 93. Матрица замыкаемых контактов переключателя SB2 прибора Ц4341

Пределы			Элементы																																	SA1													SA2.1	SA2.2	SA2.3
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	VD1	VD2	GB1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
V	„–“	900											o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×			×	×								×	×		×									11	11	
		300											o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×		×			×	×								×	×		×									12	12	
		150											o	o	o	o	o	×	×	×	×	×			×			×	×								×	×		×									13	13	
		60											o	o	o	o	o	×	×	×	×				×			×	×								×	×		×									14	14	
		30											o	o	o	o	o	×	×	×					×			×	×								×	×		×									15	15	
		6											o	o	o	o	o	×	×						×			×	×								×	×		×									16	16	
		1,5											o	o	o	o	o	×							×			×	×								×	×		×									17	17	
		0,3											o	o	o	o	o								×			×	×								×	×		×									18	18	
	„~“	750											o	o	o	o	o	×	×	×	×	×			×		×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	13	13	
		300											o	o	o	o	o	×	×	×	×				×		×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	14	14	
		150											o	o	o	o	o	×	×	×					×		×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	15	15	
		30											o	o	o	o	o	×	×						×		×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	16	16	
		7,5											o	o	o	o	o	×							×		×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	17	17	
		1,5											o	o	o	o	o								×		×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	18	18	
mA	„–“	600											×	×	×	×	+											×	×								×	×		×									9	9	
		60											×	×	×	+	+											×	×								×	×		×									8	8	
		6											×	×	+	+	+											×	×								×	×		×									7	7	
		0,6											×	+	+	+	+											×	×								×	×		×									6	6	
		0,06											+	+	+	+	+											×	×								×	×		×									5	5	
	„~“	300											×	×	×	+	+										×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	8	8	
		30											×	×	+	+	+										×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	7	7	
		3											×	+	+	+	+										×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	6	6	
		0,3											+	+	+	+	+										×	×	×	×			×	×				×	×	×							×	×	5	5	
MΩ	×1							+					+	+	+	+	+									×		×	×						+		×			×	+								19	19	
kΩ	×100								+				+	+	+	+	+									×		×	×						+		×			×	+								20	20	
	×10									+			×	+	+	+	+									×		×	×						+		×			×	+								21	21	
	×1										+		×	×	+	+	+									×		×	×						+		×			×	+								22	22	
	×0,1											+	×	×	×	+	+									×		×	×						+		×			×	+								23	23	
p-n-p		$I_{ко}$											o	o	o	o	o	×							×			×	×						×		×			×		×	×			×			4	4	16
		×1	×	×	×	×							o	o	o	o	o	×							×	×		×	×		o	×			×		×			×		×	×			×			3	3	3/16
		β	×	×	×								o	o	o	o	o	×							×	×		×	×		o	×			×		×			×		×	×			×					2/14
		×5	×	×	×		×						o	o	o	o	o	×							×	×		×	×		o	×			×		×			×		×	×			×			1	1	1/13
n-p-n		$I_{ко}$											o	o	o	o	o	×							×			×		×					×	×			×			×		×	×				4	4	16
		×1	×	×	×	×							o	o	o	o	o	×							×	×		×		×	o	×			×	×			×			×		×	×				3	3	3/15
		β	×	×	×								o	o	o	o	o	×							×	×		×		×	o	×			×	×			×			×		×	×						2/14
		×5	×	×	×		×						o	o	o	o	o	×							×	×		×		×	o	×			×	×			×			×		×	×				1	1	1/13

Рис. 94. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4341

Таблица 74. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4341**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
	Резисторы		
R1	СП3-9а-25-100 кОм ±20 %	1	
R2	МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %	1	
R3	Р3-9а-25-1,5 МОм ±30 %	1	
R4	МЛТ-0,5-51 кОм ±5 % МЛТ-0,5-56 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 108±0,54 кОм
R5	МЛТ-0,5-270 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 540±2,7 кОм
R6	МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 590±6,0 кОм
R7	МЛТ-0,5-22 кОм ±5 % МЛТ-0,5-36 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 58±0,6 кОм
R8	МЛТ-0,5-2 кОм ±5 % МЛТ-0,5-3,6 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 5,58±0,06 кОм
R9	МЛТ-0,5-200 Ом ±5 % МЛТ-0,5-360 Ом ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 558±5,5 Ом
R10	53±0,55 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R11	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±5 % МЛТ-0,5-1,6 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 3150±15 Ом
R12	315±1,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R13	31,5±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R14	3,15±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R15	0,35±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,6	1	
R16	МЛТ-0,5-10 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 20±1 кОм
R17	МЛТ-0,5-36 кОм ±5 % МЛТ-0,5-39 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 75±0,37 кОм
R18	МЛТ-0,5-200 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 400±2 кОм
R19	МЛТ-0,5-200 кОм ±5 % МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 500±2,5 кОм
R20	МЛТ-0,5-750 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1,5±0,0075 МОм
R21	МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5 % МЛТ-0,5-1,3 МОм ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 2,5±0,012 МОм
R22	МЛТ-0,5-2 МОм ±5 % МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %	2 2	Суммарное сопротивление 10±0,05 МОм
R23	МЛТ-0,5-2 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 3,97±0,018 кОм
R24	СП3-9а-3,3 кОм ±20 %	1	
R25*	МЛТ-0,5-(51...300) Ом ±5 %	1	
R26*	МЛТ-0,5-(220...560) Ом ±5 %	1	
R27	МЛТ-0,5-430 Ом ±5 %	1	Допускается различие значений не более 1 %
R28	МЛТ-0,5-430 Ом ±5 %	1	
R29	МЛТ-0,5-240 Ом ±5 % МЛТ-0,5-270 Ом ±5 %	1 1	Суммарное сопротивление 510±2,5 Ом
R30	МЛТ-0,5-62 кОм ±5 %	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	

* Подбирают при регулировке.

Комбинированный прибор Ц4342

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, параметров транзисторов мощностью до 150 мВт.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, карта электрических цепей представлены в табл. 75—77 и на рис. 95, 96.

Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках. Ток полного отклонения 29 мкА. Сопротивление подвижной рамки 1000±5 Ом.

Для питания прибора Ц4342 использован встроенный источник питания, состоящий из трех элементов типа 316.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в табл. 78.

Таблица 75. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
1000; 250; 50; 10; 5; 1 В	Постоянный	53	—	±2,5
1000; 250; 50 В	Переменный	280	—	
10 В	Переменный	1050	—	±4
5 В	Переменный	2700	—	
1 В	Переменный	5200	—	
2500; 500; 100; 25,5; 1; 0,25; 0,05 мА	Постоянный	—	0,4	±2,5
2500; 500; 100; 25; 5; 1; 0,25 мА	Переменный	—	1,2	±4

Таблица 76. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000 В	45...100	45...200
250 В	45...200	45.. 500
50 В	45...500	45. 1000
Остальные пределы измерения напряжения и тока	45.. 1000	45...2000

Таблица 77. **Основные технические параметры встроенного омметра и измерителя параметров транзистора**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого параметра	Ток потребления, мА	Напряжение источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	0,3 кОм	7	3,7...4,7	49	
kΩ×1	5 кОм	7	3,7...4,7	66	
kΩ×10	50 кОм	0,7	3,7...4,7	66	±2,5
kΩ×100	500 кОм	0,07	3,7...4,7	66	
MΩ	5000 кОм	10	3,7...4,7	66	
h_{21E}	1000	5	3,7...4,7	57	±10
I_{CBO}, I_{EBO}, I_{CES}	50 мкА	—	3,7...4,7	—	±2,5

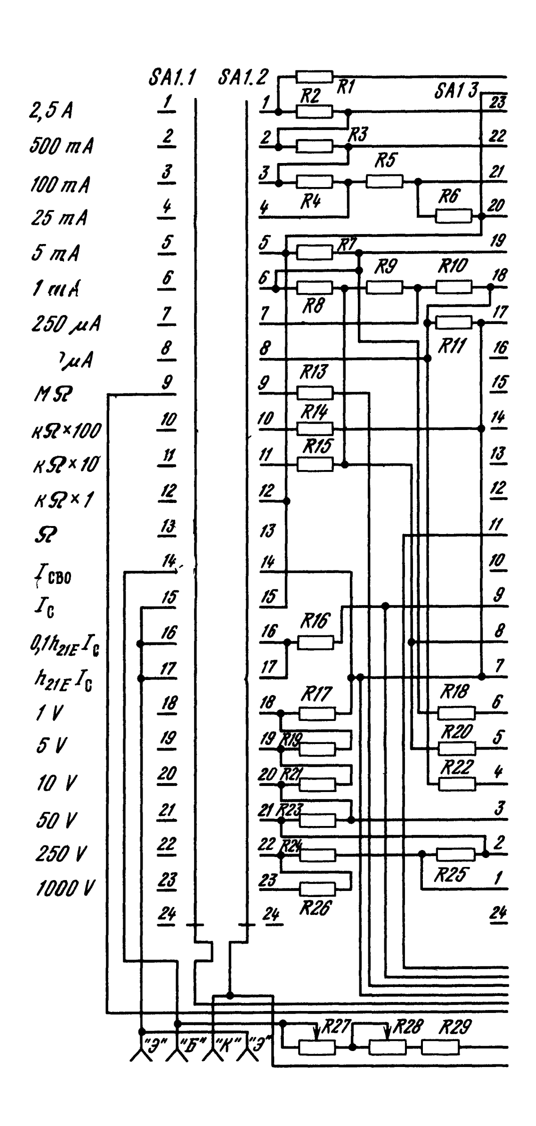
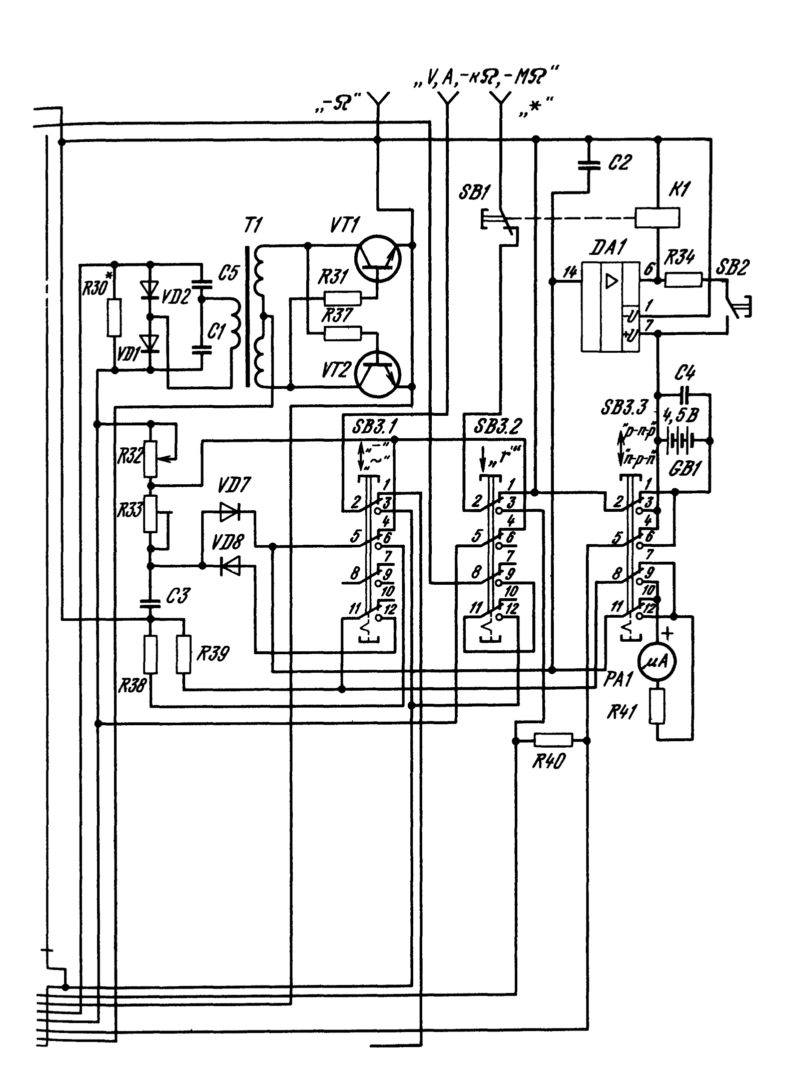


Рис. 95. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4342



„-Ω"
„V, A, -кΩ, -MΩ"
„*"
C2
SB1
K1
T1
VT1
DA1
R30*
VD2
C5
R31
14
6
R34
SB2
R37
1
-U
7
+U
C1
VD1
VT2
C4
SB3.3
4,5В
„p-n-p"
„n-p-n"
GB1
SB3.1
„–"
„~"
SB3.2
„r"
R32
R33
VD7
VD8
C3
R39
R38
PA1
μA
R41
R40
+

Пределы			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27, R28, R29
V	"−"	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×		×		×		×	×	×	×	
V	"−"	250	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×		×		×		×	×	×		
V	"−"	50	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×		×		×		×				
V	"−"	10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×		×		×						
V	"−"	5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×		×								
V	"−"	1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o					×										
V	"~"	1000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×		×		×		×		×		
V	"~"	250	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×		×		×		×				
V	"~"	50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					×		×		×						
V	"~"	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×										×					
V	"~"	5	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×								×							
V	"~"	1	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×						×									
mA	"−"	2500	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×															
mA	"−"	500	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×															
mA	"−"	100	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×															
mA	"−"	25	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×															
mA	"−"	5	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×															
mA	"−"	1	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×															
mA	"−"	0,25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×															
mA	"−"	0,05	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×															
mA	"~"	2500	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×															
mA	"~"	500	+	+	+								×															
mA	"~"	100	+	+	+	+	+						×															
mA	"~"	25	+	+	+	+	+	+					×															
mA	"~"	5	+	+	+	+	+	+	+				×															
mA	"~"	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×															
mA	"~"	0,25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
MΩ			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
kΩ		×1000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+													
kΩ		×10	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×			+												
kΩ		×1	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×															
Ω			+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×															
p-n-p		I_{CBO}	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
p-n-p		I_C	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×															×
p-n-p		$0{,}1h_{21E}$, I_C	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×				+											×
p-n-p		h_{21E}, I_C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+											×
n-p-n		I_{CBO}	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
n-p-n		I_C	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×															×
n-p-n		$0{,}1h_{21E}$, I_C	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×				+											×
n-p-n		h_{21E}, I_C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+											×

(Column group heading: *Элементы*)

Рис. 96. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4342

Таблица 78. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4342**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,072±0,0036 Ом	1	Шунт
R2	0,288±0,0014 Ом	1	»
R3	1,44±0,0072 Ом	1	»
R4	С2-29В-0,125-5,42 Ом ±0,5 %	1	

Элементы																																	
R30,VD1,VD2,C1,C5	T1,VT1,R31,R37	R32	R33	R34,DA1,C2,K1	R38	R39	R40	R41,PA1	C3	C4,GB1	VD7	VD8	SB3.1					SB3.2					SB3 3								SA1.1	SA1.2	SA1.3
													1-2	2-3	4-5	5-6	11-12	1-2	2-3	4-5	8-9	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12			
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			23	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			22	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			21	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			20	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			19	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			18	
			×	3	×	×		×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				1
			×	3	×	×		×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				2
			×	3	×	×		×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				3
			×	3	×	×		×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				4
			×	3	×	×		×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				5
			×	3	×	×		×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				6
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			1	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			2	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			3	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			4	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			5	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			6	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			7	
				3		×		×		3			×		×			×		×							×		×			8	
			×	3				×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				23
			×	3				×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				22
			×	3				×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				21
			×	3				×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				20
			×	3				×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				19
			×	3				×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				18
			×	3				×	×	3	×	×		×		×	×	×		×							×		×				17
+	+	×		3		×	+	×		+			+		×				+				×		×		×		×		9	9	
		×		3		×	+	×		+			+		×				+				+		+		×		×			10	
		×		3		×	+	×		+			+		×				+				+		+		×		×			11	
		×		3		×	+	×		+			+		×				+				+		+		×		×			12	
		×		3		×	+	×		+					×				×		+	+	+		+		×		×				11
				3		×		×		+					×					×			+		+		×		×		14	14	
				3		×		×		+					×					×			+		+		×		×		15	15	9
				3		×		×		+					×					×			+		+		×		×		16	16	8
				3		×		×		+					×					×			+		+		×		×		17	17	7
				3		×		×		+					×					×				+		+		×		×	14	14	
				3		×		×		+					×					×				+		+		×		×	15	15	9
				3		×		×		+					×					×				+		+		×		×	16	16	8
				3		×		×		+					×					×				+		+		×		×	17	17	7

(З — цепи защиты)

Окончание табл. 78

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R5	С2-29В-0,125-1,8 Ом ±0,5 %	1	
R6	С2-29В-0,125-27,1 Ом ±0,25 %	1	
R7	С2-29В-0,125-145 Ом ±0,5 %	1	Параллельно
	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	R7=144 Ом ±0,7 Ом
R8	С2-29В-0,125-180 Ом ±0,5 %	1	
R9	С2-29В-0,125-361 Оm ±0,5 %	1	Параллельно
	МЛТ-0,5-130 кОм ±5 %	1	R9-360 Ом ±1,8 Ом
		1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R10	С2-29В-0,125-180 Ом ±0,5	1	
R11	С2-29В-0,125-2,71 кОм ±0,25 %	1	
R13	С2-29В-0,125-698 кОм ±0,5 %	1	
R14	С2-29В-0,125-69 кОм ±0,5 %	1	
R15	С2-29В-0,125-6,04 кОм ±0,5 %	1	
R16	МЛТ-0,5-36 Ом ±10 %	1	
R17	С2-29В-0,125-18,4 кОм ±0,5 %	1	
R18	С2-29В-0,125-25,2 Ом ±0,5 %	1	
R19	С2-29В-0,125-79,6 кОм ±0,5 %	1	
R20	С2-29В-0,125-1,67 кОм ±0,5 %	1	
R21	С2-29В-0,125-100 кОм ±0,5 %	1	
R22	С2-29В-0,125-9,2 кОм ±0,5 %	1	
R23	С2-29В-0,125-796 кОм ±0,5 %	1	
R24	С2-29В-0,25-1,0 МОм ±0,5 %	1	
R25	С2-29В-0,5-1,5 МОм ±0,5 %	1	Последовательно R25=
	С2-29В-0,5-1,5 МОм ±0,5 %	1	=3 МОм ±0,15 МОм
R26	С2-29В-2-7,5 МОм ±0,5 %	1	Последовательно R26=15 МОм
	С2-29В-2-7,5 МОм ±0,5 %	1	±0,075 МОм
R27	СП3-9а-II-1,5 МОм ±20 %	1	
R28	СП3-9а-II-100 кОм ±20 %	1	
R29	МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %	1	
R30*	МЛТ-0,5-(82. 120) кОм ±10 %	1	
R31	МЛТ-0,5-5,6 кОм ±10 %	1	
R32	СП3-9а-11-3,3 кОм ±20 %	1	
R33	СП5-1ВА-1 Вт-3,3 кОм ±5 %	1	
R34	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	
R37	МЛТ-0,5-5,6 кОм ±10 %	1	
R38, R39	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5 %	2	
R40	С2-29В-0,125-673 Ом ±0,5 %	1	
R41	СП5-1ВА-1 Вт-1,5 кОм ±5 %	1	
	Конденсаторы		
C1, C5	КД-26-1170-2200 пФ $^{+80}_{-20}$ %	2	
C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ ±10 %	1	
C3	К31-11-3-Б-10 000 пФ ±10 %	1	
C4	К50-6-1-6,3 В-50 мкФ	1	
	Диоды		
VD1, VD2	КД521Г	2	
VD7, VD8	Д9Д	2	
VT1, VT2	Транзисторы КТ315Г	2	
DA1	Микросхема КМП201УП1А	1	

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4342-М1

Прибор электроизмерительный комбинированный Ц4342-М1 с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, среднеквадратического значения переменного тока и напряжения синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, абсолютного уровня сигнала по напряжению переменного тока в электрических цепях объектов измерений, работоспособное состояние которых не нарушается взаимодействием объекта измерений и прибора или выходом нормируемых характеристик прибора за пределы, установленные техническими условиями.

Прибор предназначен также для измерения параметров биполярных транзисторов мощностью до 150 мВт, а именно статического коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером $h_{21Э}$, обратного тока коллектора $I_{КБО}$, обратного тока эмиттера $I_{ЭБО}$, обратного тока коллектор — эмиттер $I_{КЭR}$ при разомкнутом выводе базы и обратного тока коллектор — эмиттер при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы в диапазонах измерения постоянного тока.

Рабочая температура окружающего воздуха —10...+40 °С и относительная влажность 30 % при температуре 25 °С.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 79—81 и рис. 97—99.

Падение напряжения на амперметре переменного тока на пределах 0,05; 0,25, 1, 5, 25; 100; 500; 2500 мА не превышает 1,2 мА, основная частотная область находится в пределах 45...1000 Гц, а расширенная 45...2000 Гц.

При измерении значений сопротивлений на пределе «MΩ» измерительная схема питается от преобразователя напряжения, встроенного в прибор.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы на растяжках с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 29 мкА. Сопротивление подвижной рамки 1000 Ом.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 82).

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R26

$$R_и + R26 = 635 \pm 3 \text{ Ом}$$

при температуре 20 °С.

Резистор R25 предназначен для подгонки прибора на переменном токе.

Таблица 79. **Конечные значения шкал постоянного тока и падение напряжения на зажимах прибора**

Напряжение, В	0,1	1	5	10	50	250	1000	—
Ток, мА	0,05	0,25	1	5	25	100	500	2500

Примечания: 1. Основная погрешность ±2,5 % 2. Ток полного отклонения 53 мкА. 3. Падение напряжения на зажимах 0,4 В.

Таблица 80. **Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения**

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
1	5,2	45...1000	1000...2000
5	2,8	45...1000	1000...2000
10	1,05	45...1000	1000...2000
50	0,280	45...500	45...1000
250	0,28	45...200	45...500
1000	0,28	55...100	45...200

Примечание. Основная погрешность 4 %.

Таблица 81. **Пределы измерений сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение, кОм	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	0,3	7,6	3,7...4,7	60	±2,5
kΩ	10	7,2		67	
kΩ×10	100	0,72		67	
kΩ×100	1000	0,072		67	
MΩ	10 000	15		67	
dB	—10...+15	2,8	—	44	+4
h_{21E}	200	0,72	3,7...4,7	35	±4
	2000	7,2		35	

Примечание. Основная погрешность ±2,5 %.

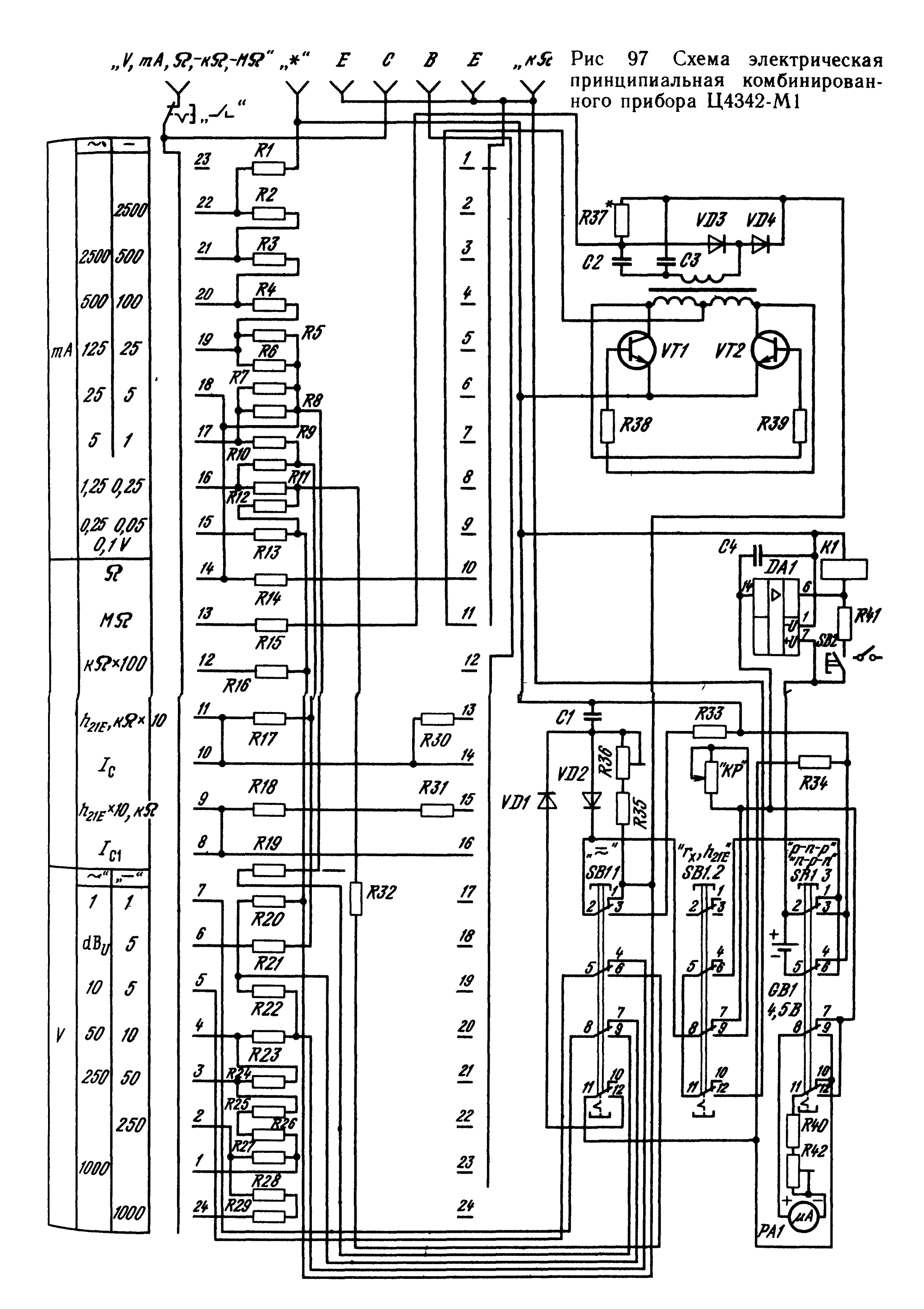


Рис 97 Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4342-М1

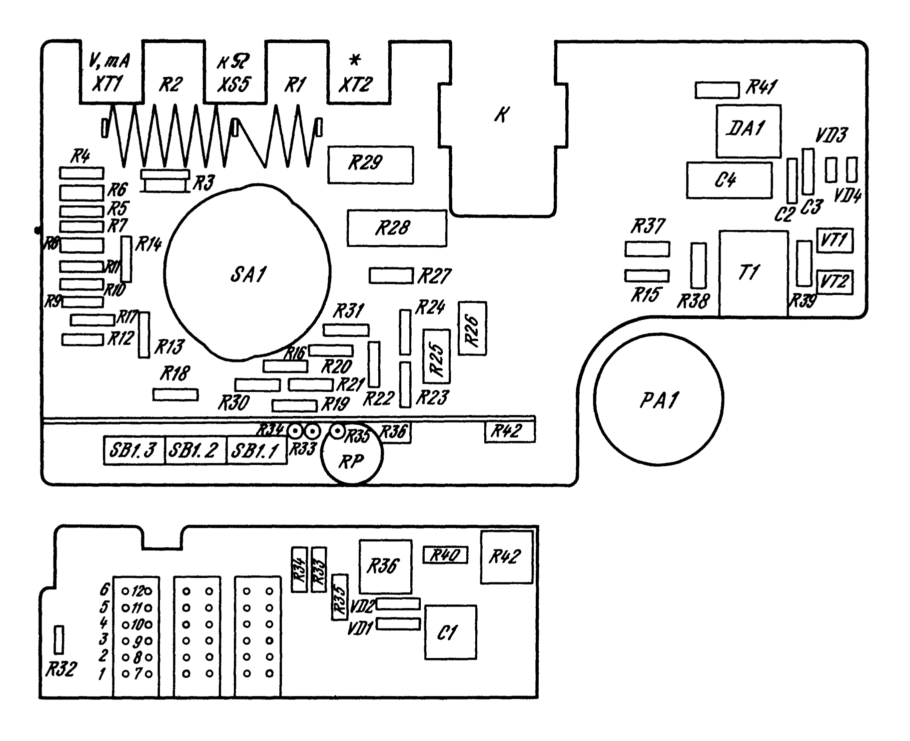


Рис. 98. Схема расположения элементов прибора Ц4342-М1

Таблица 82. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4342-М1**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,072±0,00036 Ом, провод МнМц-3-12 1,0	1	Шунт
R2	0,288±0,00144 Ом, провод МнМц-3-12 1,0	1	»
R3	1,44±0,0072 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R4	С2-29В-0,125-5,42 Ом ±0,5 %	1	
R5	С2-29В-0,125-29,1 Ом ±0,25 %	1	Параллельно
R6	МЛТ-0,5-2,7 кОм ±5 %	1	R5+R6=28,8±0,015 Ом
R7	С2-29В-0,125-145 Ом ±0,5 %	1	Параллельно
R8	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	R7±R8=144±0,72 Ом
R9	С2-29В-0,125-180 Ом ±0,5 %	1	
R10	С2-29В-0,125-361 Ом ±0,25 %	1	
R11	С2-29В-0,125-180 Ом ±0,5 %	1	
R12	С2-29В-0,125-2,71 кОм ±0,25 %	1	
R13	С2-29В-0,125-487 Ом ±0,25 %	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R14	С2-29В-0,125-696 Ом ±0,5 %	1	
R15	С2-29В-0,125-634 кОм ±0,5 %	1	
R16	С2-29В-0,125-64,2 кОм ±0,5 %	1	
R17	С2-29В-0,125-6,26 кОм ±0,5 %	1	
R18	С2-29В-0,125-626 Ом ±0,5 %	1	
R19	С2-29В-0,125-25,2 Ом ±0,5 %	1	
R20	С2-29В-0,125-18,4 кОм ±0,5 %	1	
R21	С2-29В-0,125-1,67 кОм ±0,5 %	1	
R22	С2-29В-0,125-79,6 кОм ±0,5 %	1	
R23	С2-29В-0,125-100 кОм ±0,5 %	1	
R24	С2-29В-0,125-796 кОм ±0,5 %	1	
R25, R26	С2-29В-0,5-1,5 МОм ±0,5 %	2	Последовательно R25+R26=3± ±0,0015 МОм
R27	С2-29В-0,25-1 МОм ±0,5 %	1	
R28, R29	С2-29В-1,0-7,5 МОм ±0,5 %	2	Последовательно R28+R29=15± ±0,075 МОм
R30, R31	С2-29В-0,125-200 кОм ±1,0 %	2	
R32	С2-29В-0,125-9,2 кОм ±0,5 %	1	
R33, R34	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5 %	2	
Р35	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±10 %	1	
R36	СП3-39А-1,0 кОм ±10 %	1	
R37*	МЛТ-0,5-82 кОм ±10 %	1	43...120 кОм
R38, R39	МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %	2	
R40	МЛТ-0,5-360 Ом ±5 %	1	
R41	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	
R42	СП3-39А-680 Ом ±10 %	1	
RP	СП3-9а-11-6,8 кОм ±10 %	1	
	Конденсаторы		
C1	К-31-11-Б-10 000 пФ ±10 %	1	
C2, C3	КД-2-Н70-2200 пФ $^{+80}_{-20}$ %	2	
C4	МБМ-160В-0,1 мкФ ±10 %	1	
	Диоды		
VD1, VD2	Д9Д	2	
VD3, VD4	КД521В	2	
VT1, VT2	Транзистор КТ315Г	2	
DA1	Микросхема КПМ203УП1	1	

Пределы			Элементы																										
			R1	R2	R3	R4	R5, R6	R7, R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25, R26	R27	R28, R29	R30	R31
V	„–"	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×		×	×	×	×	×	×		
V	„–"	250	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×		×	×	×	×	×			
V	„–"	50	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×		×	×	×					
V	„–"	10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×		×	×						
V	„–"	5	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×		×							
V	„–"	5	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×									×								
V	„–"	1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×									
V	„–"	0,1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×																
V	„~"	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×		×	×	×	×				
V	„~"	250	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×		×	×	×					
V	„~"	50	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o								×		×	×						
V	„~"	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×																	
V	„~"	dBu	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×									×								
V	„~"	1	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×							×										
mA	„–"	2500	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×																	
mA	„–"	500	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×																	
mA	„–"	100	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×																	
mA	„–"	25	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×																	
mA	„–"	5	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×																	
mA	„–"	1	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×																	
mA	„–"	0,25	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×																	
mA	„–"	0,05	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×																
mA	„~"	2500	+	+																									
mA	„~"	500	+	+	+																								
mA	„~"	125	+	+	+	+																							
mA	„~"	25	+	+	+	+	+																						
mA	„~"	5	+	+	+	+	+	+																					
mA	„~"	1,25	+	+	+	+	+	+	+	+																			
mA	„~"	0,25	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×																
Ω			+	+	+	+	+	×	×	×	×	×		+															
MΩ			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+														
kΩ		×100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+													
kΩ		×10	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×					+												
kΩ		×1	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×						+											
p-n-p	„I_C"		+	+	+	+	+	+	+	×	×	×					+												
p-n-p	„I_{CI}"		+	+	+	+	+	×	×	×	×	×						+											
p-n-p	h_{21E}	×1	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×					+											+	
p-n-p	h_{21E}	×10	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×						+											+
n-p-n	„I_C"		+	+	+	+	+	+	+	×	×	×					+												
n-p-n	„I_{CI}"		+	+	+	+	+	×	×	×	×	×						+											
n-p-n	h_{21E}	×1	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×					+											+	
n-p-n	h_{21E}	×10	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×						+											+

Рис 99 Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4342-М1

Элементы

R32	R33	R34	R35, R36	R37–R39, VT1, VT2, T1, C2, C3	VD3, VD4	R40, R42, PA1	R41, C4, DA1, K1, SB2	VD1, VD2, C1	GB1	RP	SB1.1 „≂" 1-2	SB1.1 2-3	SB1.1 4-5	SB1.1 5-6	SB1.1 7-8	SB1.1 8-9	SB1.1 11-12	SB1.2 „r_x; h_{21E}" 5-6	SB1.2 7-8	SB1.2 8-9	SB1.2 11-12	SB1.3 „p-n-p" „n-p-n" 1-2	SB1.3 2-3	SB1.3 4-5	SB1.3 5-6	SB1.3 7-8	SB1.3 8-9	SB1.3 10-11	SB1.3 11-12	SB2	SA1.1	SA1.2	K1
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	24		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	2		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	3		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	4		×
		×				×	3		3		×		×						×							×		×		3	5		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	6		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	7		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	15		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	1		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	3		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	4		×
×	×	×	×			×	3	×	3			×		×			×		×							×		×		3	5		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	6		×
	×	×	×			×	3	×	3			×				×	×		×							×		×		3	7		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	22		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	21		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	20		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	19		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	18		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	17		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	16		×
		×				×	3		3		×								×							×		×		3	15		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	21		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	20		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	19		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	18		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	17		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	16		×
	×	×	×			×	3	×	3			×					×		×							×		×		3	15		×
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			14	10	×
		×		⊕	⊕	×	3		3+	×	×							⊕		×	⊕	⊕		⊕		×		×			13	11	×
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			12		×
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			11	13	×
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			9	15	×
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			10	14	
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			8	16	
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			11	13	
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			9	15	
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			10	14	
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			8	16	
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			11	13	
		×				×	3		3+	×	×							+		×	+	+		+		×		×			9	16	

Комбинированный прибор Ц4352

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 83—85 и на рис. 100—102.

Входное сопротивление прибора 0,65 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений. Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр20М-0,5 с натяжением 55±5 г. Ток полного отклонения 300 мкА и сопротивление подвижной рамки 50 Ом, содержащий 100—120 витков провода ПЭВ-1 0,06.

В приборе используется встроенный источник питания из трех элементов типа 316.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R13, R24, R25, R28 и R36, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 86).

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора:

R13 — при измерении переменного напряжения;
R24 — при измерении переменного тока;
R25 — при измерении переменного тока на пределе 1,5 мА;
R28 — при измерении постоянного тока и напряжения.

Таблица 83. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
900; 600; 300; 150; 60; 30; 6; 1,5; 0,3; 0,075 В	Постоянный	1,53 0,306	—	±1
900; 600; 300; 150; 60; 30; 6 В 1,5 В 0,3 В	Переменный	1,53 1,02 5,1	—	±1,5
6; 1,5; 0,6; 0,15 А 60; 15, 6 мА 1,5 мА 0,3 мА	Постоянный		0,65 0,3 0,08	±1
6; 1,5; 0,6; 0,15 А 60; 15; 6; 1,5; 0,3 мА	Переменный	—	0,65	±1,5

Таблица 84. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900; 600 В	45...60	45...1000
300; 150; 60 В	45...60	45...2000
Остальные пределы напряжения и тока	45...60	45...10 000

Таблица 85. **Пределы измерения сопротивлений**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей шкалы, мм
Ω	300 Ом	22	3,7...4,7	58
kΩ×1	3 кОм	20	3,7...4,7	67
kΩ×10	30 кОм	2	3,7...4,7	
aΩ×100	300 кОм	0,8	11...14	
MΩ	3 МОм	0,8	120...160	

Примечание Основная погрешность ±1 %

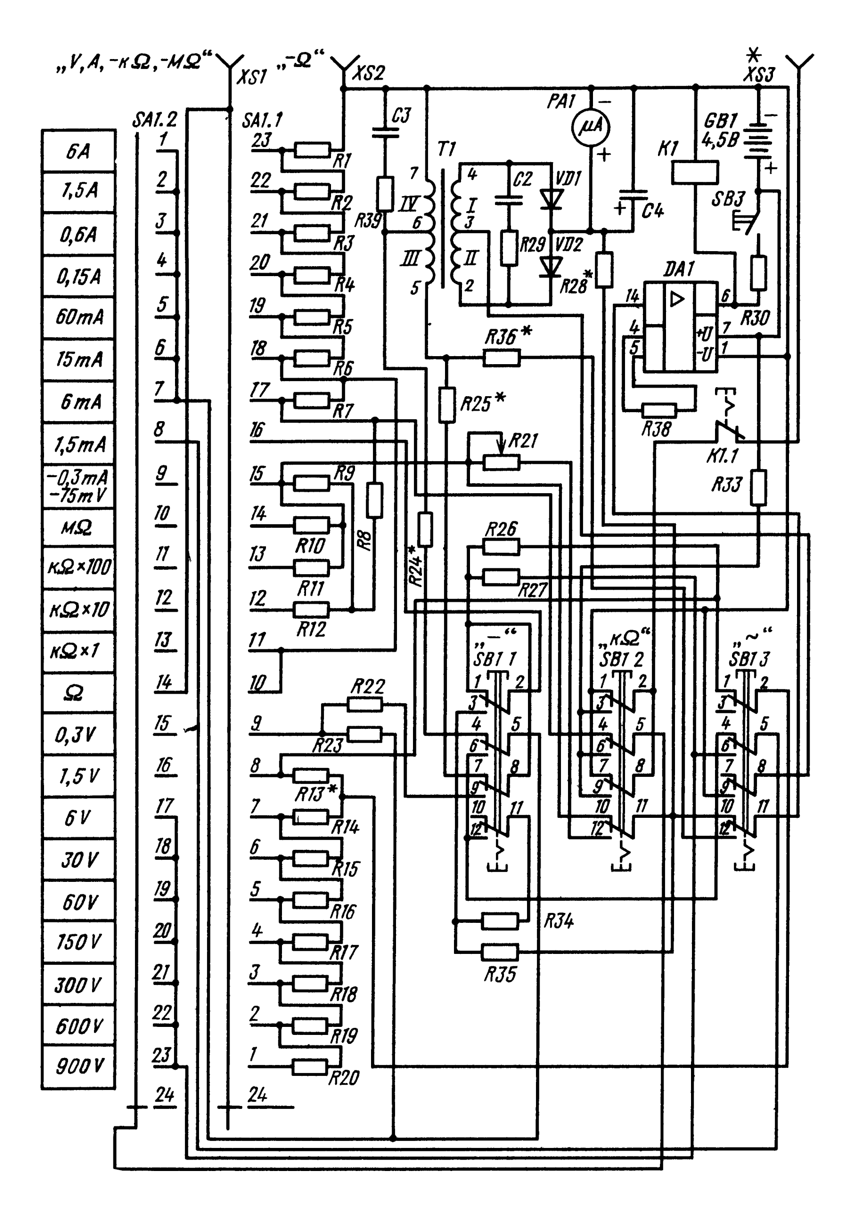


Рис 100 Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц4352

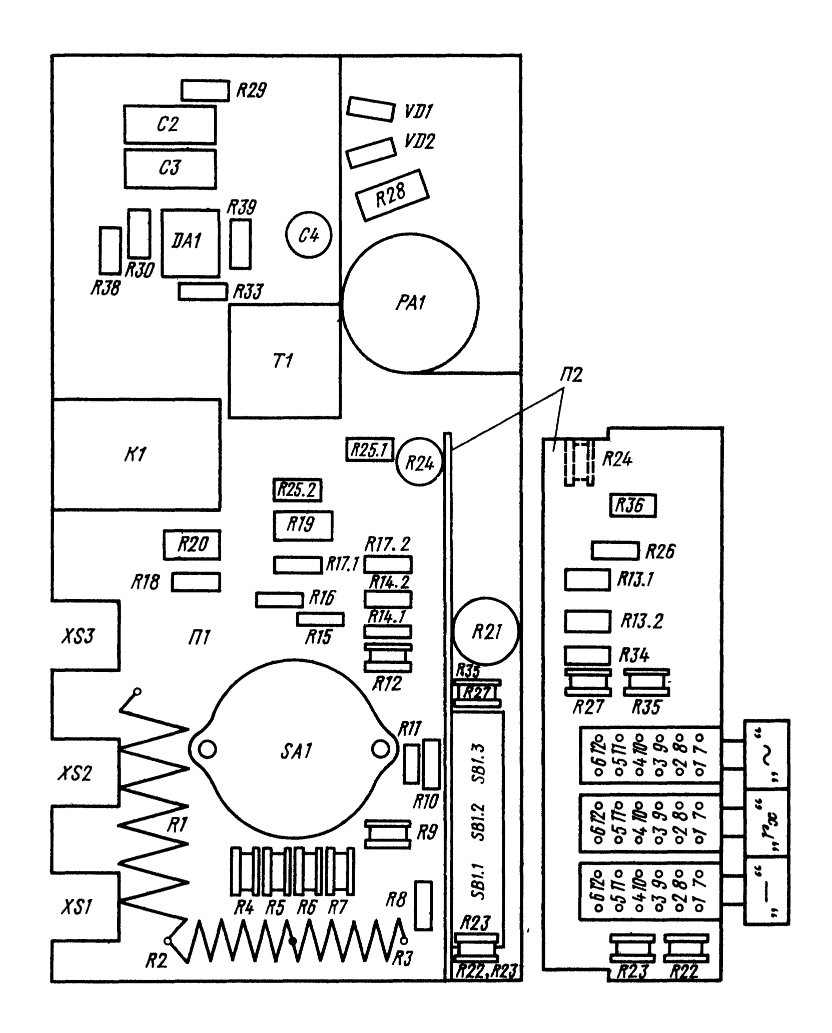


Рис. 101. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4352

Пределы			Элементы																																			
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R33	R34	R35	R36	R38	R39
V	„–"	900	+	+	+	+	+	+	+	○	○					×	×	×	×	×	×	×		×	×			×	+	×		З		×	×		З	
		600	+	+	+	+	+	+	+	○	○					×	×	×	×	×	×			×	×			×	+	×		З		×	×		З	
		300	+	+	+	+	+	+	+	○	○					×	×	×	×	×				×	×			×	+	×		З		×	×		З	
		150	+	+	+	+	+	+	+	○	○					×	×	×	×					×	×			×	+	×		З		×	×		З	
		60	+	+	+	+	+	+	+	○	○					×	×	×						×	×			×	+	×		З		×	×		З	
		30	+	+	+	+	+	+	+	○	○					×	×							×	×			×	+	×		З		×	×		З	
		6	+	+	+	+	+	+	+	○	○					×								×	×			×	+	×		З		×	×		З	
		1,5	○	○	○	○	○	○	○	○	○													×	×			×		×		З		×	×		З	
		0,3	○	○	○	○	○	○	○	○	○													×	×			×		×		З		×	×		З	
		0,075	○	○	○	○	○	○	○	○	○																			×		З		×	×		З	
	„~"	900	○	○	○	○	○	○	○						+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	○		×	З				З	З	○
		600	○	○	○	○	○	○	○						+	+	+	+	+	+	+							+	○		×	З				З	З	○
		300	○	○	○	○	○	○	○						+	+	+	+	+	+								+	○		×	З				З	З	○
		150	○	○	○	○	○	○	○						+	+	+	+	+									+	○		×	З				З	З	○
		60	○	○	○	○	○	○	○						+	+	+	+										+	○		×	З				З	З	○
		30	○	○	○	○	○	○	○						+	+	+											+	○		×	З				З	З	○
		6	○	○	○	○	○	○	○						+	+												+	○		×	З				З	З	○
		1,5																										+			×	З				З	З	○
		0,3																							+	+					×	З				З	З	○
„–"		6 A	+	×	×	×	×	×	×																					×		З		×	×		З	
		1,5 A	+	+	×	×	×	×	×																					×		З		×	×		З	
		0,6 A	+	+	+	×	×	×	×																					×		З		×	×		З	
		0,15 A	+	+	+	+	×	×	×																					×		З		×	×		З	
		60 mA	+	+	+	+	+	×	×																					×		З		×	×		З	
		15 mA	+	+	+	+	+	+	×																					×		З		×	×		З	
		6 mA	+	+	+	+	+	+	+																					×		З		×	×		З	
		1,5 mA	+	+	+	+	+	+	+																					×		З		+	×		З	
		0,3 mA	○	○	○	○	○	○	○	○	○																			×		З					З	
„~"		6 A	+	○	○	○	○	○	○																	○					×	З				З	З	○
		1,5 A	+	+	○	○	○	○	○																	○					×	З				З	З	○
		0,6 A	+	+	+	○	○	○	○																	○					×	З				З	З	○
		0,15 A	+	+	+	+	○	○	○																	○					×	З				З	З	○
		60 mA	+	+	+	+	+	○	○																	○					×	З				З	З	○
		15 mA	+	+	+	+	+	+	○																	○					×	З				З	З	○
		6 mA	+	+	+	+	+	+	+																	○					×	З				З	З	○
		1,5 mA	○	○	○	○	○	○	○																		+		○		×	З				З	З	○
MΩ			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											×							×		З	+				З	
kΩ		×100	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+										×							×		З	+				З	
		×10	+	+	+	+	+	+	+	+	×			+									×							×		З	+				З	
		×1	+	+	+	+	+	+	×	×	×												×							×		З	+				З	
Ω			+	+	+	+	+	+	×	×	×												×							×		З					З	

Рис. 102. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4352 (З — цепи

Таблица 86 **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4352**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,05±0,00005 Ом, лист МнМц-2-12 0,5	1	Шунт
R2	0,15±0,00015 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	0,3±0,0003 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»

C2	C3	C4	VD1, VD2	SA1.1	SA1.2	„–" SB1.1							„Ω, кΩ, MΩ" SB1.2								„~" SB1.3						T1				GB1
						1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	4-5	5-6	8-9	10-11	11-12	I	II	III	IV	
		×		1	23				×			×	×		+		×		o		×				3						
		×		2	22				×			×	×		+		×		o		×				3						
		×		3	21				×			×	×		+		×		o		×				3						
		×		4	20				×			×	×		+		×		o		×				3						
		×		5	19				×			×	×		+		×		o		×				3						
		×		6	18				×			×	×		+		×		o		×				3						
		×		7	17				×			×	×		+		×		o		×				3						
		×		8					×			×	×				×		o						3						
		×		9					×			×	×				×		o						3						
		×		15									×				×		×						3						
×	o	×	×	1	23					+			+		o		+							×		3	×	×	+	+	
×	o	×	×	2	22					+			+		o		+							×		3	×	×	+	+	
×	o	×	×	3	21								+		o		+							×		3	×	×	+	+	
×	o	×	×	4	20								+		o		+							×		3	×	×	+	+	
×	o	×	×	5	19					+			+		o		+							×		3	×	×	+	+	
×	o	×	×	6	18					+			+		o		+							×		3	×	×	+	+	
×	o	×	×	7	17					+			+		o		+							×		3	×	×	+	+	
×	o	×	×	8						+			+				+							×		3	×	×	+	+	
×	o	×	×	9				+					+				+							×		3	×	×	3	+	
		×		23	1				×			×	+		×		+								3						
		×		22	2				×			×	+		×		+								3						
		×		21	3				×			×	+		×		+								3						
		×		20	4				×			×	+		×		+								3						
		×		19	5				×			×	+		×		+								3						
		×		18	6				×			×	+		×		+								3						
		×		17	7				×			×	+		×		+								3						
		×		16	8		+		+			+	+		+		+					+			3						
		×		15									×				×								3						
×	o	×	×	23	1			o					+		o		+							×		3	×	×	3	o	
×	o	×	×	22	2			o					+		o		+							×		3	×	×	3	o	
×	o	×	×	21	3			o					+		o		+							×		3	×	×	3	o	
×	o	×	×	20	4			o					+		o		+							×		3	×	×	3	o	
×	o	×	×	19	5			o					+		o		+							×		3	×	×	3	o	
×	o	×	×	18	6			o					+		o		+							×		3	×	×	3	o	
×	o	×	×	17	7			o					+		o		+							×		3	×	×	3	o	
×	o	×	×	16	8	+				+			+		o		+						o	×		3	×	×	+	+	
		×		14										+				+		×					3						+
		×		13										+				+		×					3						+
		×		12										+				+		×					3						+
		×		11										+				+		×					3						+
		×		10	14									+		+		+		3					3						+

защиты)

Продолжение табл 86

Позиционное обозначение	Наименование	Число шт	Примечание
R4	1,5±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R5	3±0,003 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R6	15±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R7	30±0,03 Ом провод ПЭМС 0,2	1	
R8	С2-29В-0,125-150 Ом ±0,25 %	1	
R9	390±1,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R10	С2-29В-0,25-246 кОм ±0,25 %	1	

Окончание табл 86

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R11	С2-29В-0,125-24 кОм ±0,25 %	1	
R12	2070±10 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R13*	МЛТ-0,5-330 Ом ±5 %	1	Последовательно
	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	360 410 Ом
R14	С2-29В-0,125-2,21 кОм ±0,25 %	1	Параллельно
	МЛТ-0,5-470 кОм ±10 %	1	
R15	С2-29В-0,125-16 кОм ±0,25 %	1	
R16	С2-29В-0,125-20 кОм ±0,25 %	1	
R17	С2-29В-0,25-59,7 кОм ±0,25 %	1	Последовательно
	МЛТ-0,5-300 Ом ±10 %	1	
R18	С2-29В-0,25-100 кОм ±0,25 %	1	
R19	С2-29В-0,5-200 кОм ±0,25 %	1	
R20	С2-29В-0,5-200 кОм ±0,25 %	1	
R21	СП3-9а-11-1 кОм ±20 %-25	1	
R22	3000±3 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R23	50±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R24*	12 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	До 12 Ом
R25*	МЛТ-0,5-430 Ом ±5 %	1	Последовательно
	МЛТ-0,5-82 Ом ±10 %	1	465 555 Ом
R26	С2-29В-0,125-1 кОм ±0,25 %	1	
R27	950±0,95 Ом, провод ПЭМС 0,08	1	
R28*	До 220 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R29	МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %	1	
R30	МЛТ-0,5-56 Ом, ±10 %	1	
R33	С2-29В-0,125-223 Ом ±0,25 %	1	
R34	С2-29В-0,125-150 Ом ±0,25 %	1	
R35	550±0,55 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R36	МЛТ-0,5-(1 39) кОм ±10 %	1	
R38	МЛТ-0,5-60 Ом ±10 %	1	
R39	МЛТ-0,5-15 кОм ±10 %	1	
	Конденсаторы		
C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ ±10 %	1	
C3	МБМ-160 В-0,1 мкФ ±20 %	1	
C4	К50-6-1-6,3 В-100 мкФ-БИ	1	
VD1, VD2	Диод Д9Д	2	
DA1	Микросхема КМП201УП1А	1	
PA1	Механизм измерительный 3 253 039	1	
K1	Реле автовыключателя 4 568 003	1	
T1	Трансформатор 5 728 013	1	

* Подбирают при регулировке

Комбинированный прибор Ц4353

Прибор электроизмерительный комбинированный с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 87—89 и на рис. 103—105.

Входное сопротивление прибора 18 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 1,8 кОм/в — переменного. Прибор применяется при температуре окружающего воздуха —10. .+40 °С, относительной влажности воздуха до 90 % (при температуре 30 °С)

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПлСр20-0,25 с натяжением 40±5 г и током полного отклонения 42,5 мкА. Сопротивление подвижной рамки 632±3 Ом, она содержит 400±2 витков провода ПЭВ-1 0,05.

В приборе применяется встроенный источник питания, состоящий из трех элементов типа 316.,

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «В» непосредственно. При измерении на других пределах измерения переменного напряжения к показателям прибора необходимо прибавить числа, указанные в табл. 90.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R32 и R34, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 91).

Резистор R34 применяется для подгонки показаний на постоянном токе. Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R34 (в омах) определяется по формуле

$$R_и + R34 = \{[632 + 0{,}004(t - 20)R_и] \pm 3\},$$

где t — температура, при которой производится подгонка, °С

На переменном токе прибор калибруется резистором R33 на пределе 1,5 В.

Таблица 87. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600; 300; 150; 60; 30; 15; 6; 3; 1,5 В	Постоянный	55	—	±1,5
75 мВ		65		
600; 300; 150; 60; 30; 15 В	Переменный	550		
6 В		650	—	±2,5
3; 1,5 В		5200		
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА; 120 мкА	Постоянный	—	0,5	±1,5
60 мкА			0,08	
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА	Переменный	—	1,5	±2,5

Таблица 88. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В	45...70	45...200
300 В	45...100	45...500
150 В	45...200	45...500
600 В	45...1000	45...2000
Остальные пределы напряжения и тока	45...2000	45...5000

Таблица 89. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	300 Ом	9,0	3,7...4,7	62	
kΩ×0,01	5 кОм	9,0	3,7...4,7	58	
kΩ×0,1	50 кОм	0,9	3,7...4,7	58	±1,5
kΩ×1	500 кОм	0,09	3,7...4,7	58	
kΩ×10	5000 кОм	0,09	33...43	58	
pF	0,5 мкФ	0,21	190...245 f=50±1 Гц	58	±2,5
dB	—10...+12	5,2	—	49	±2,5

Таблица 90. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	1,5	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—6	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

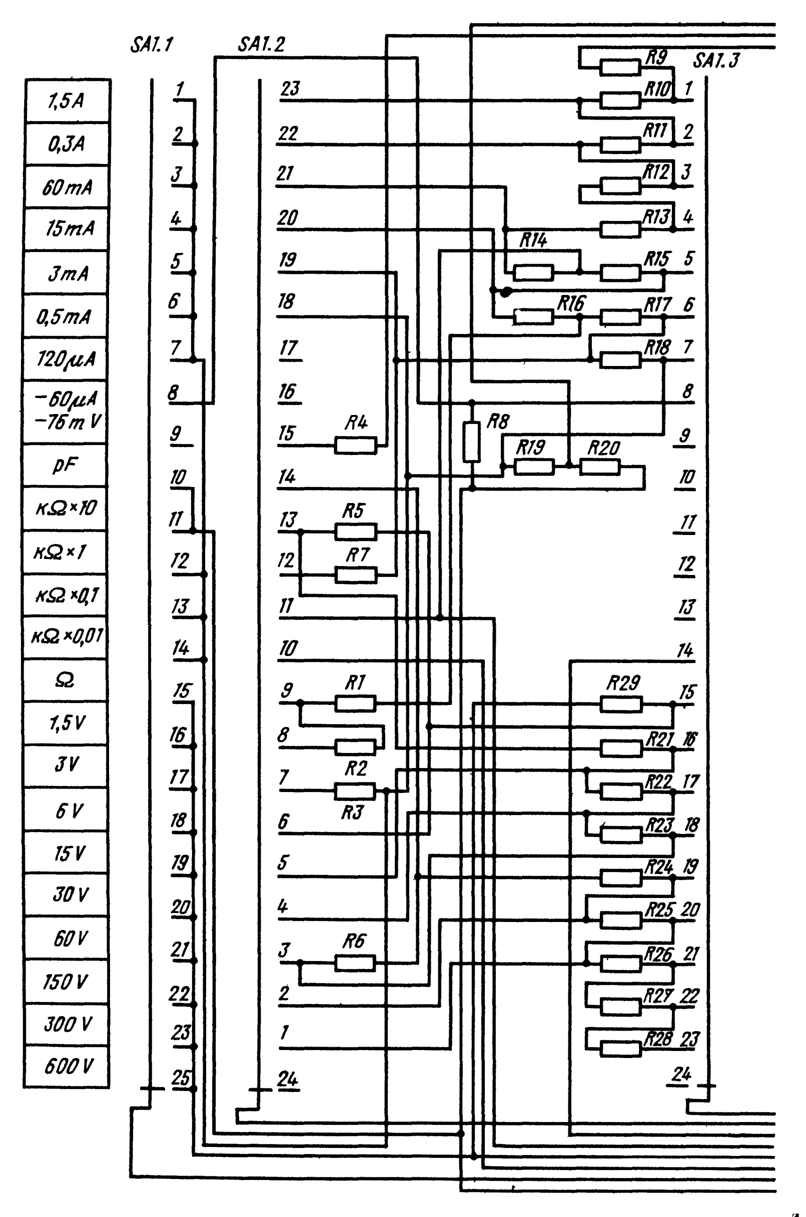
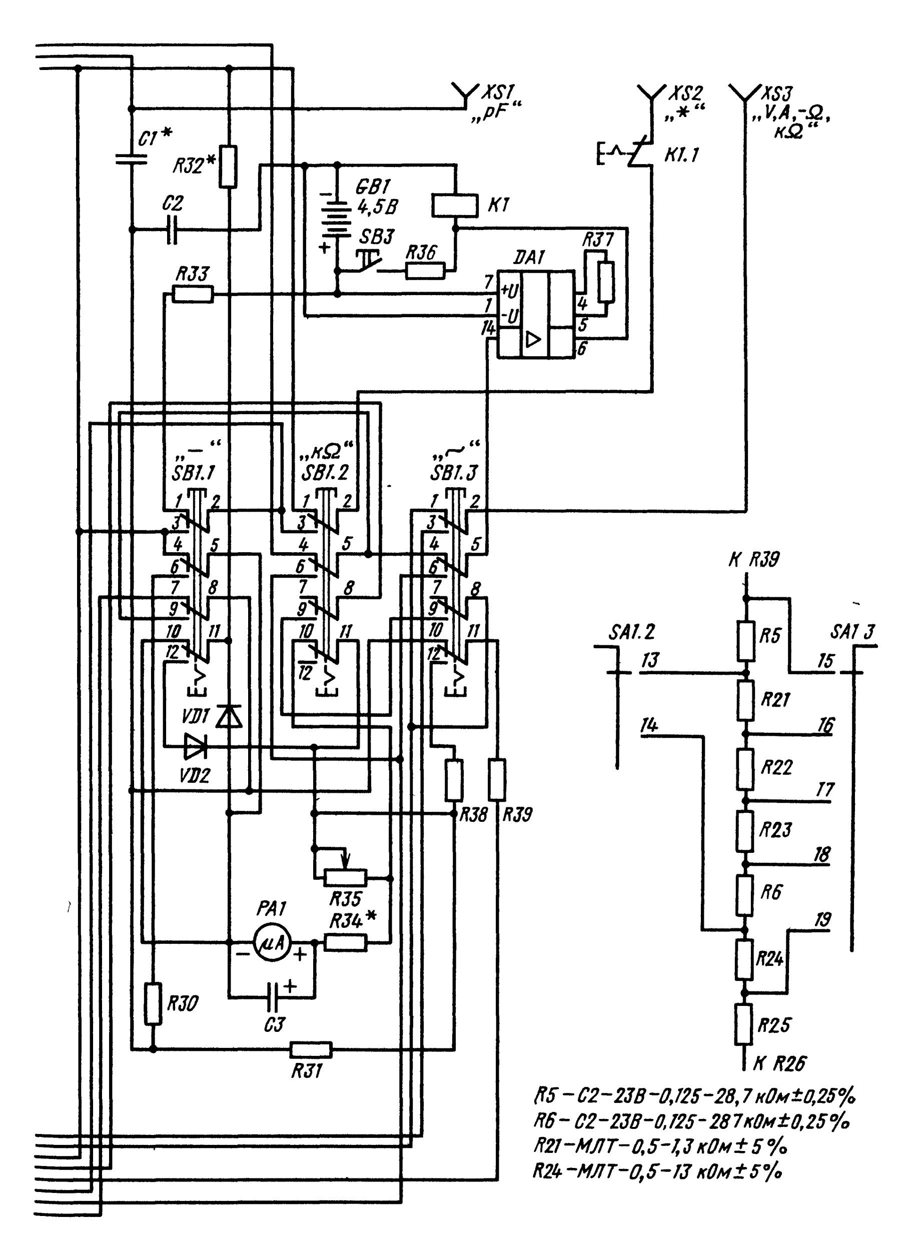


Рис. 103. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора


XS1 „pF“
XS2 „*“
XS3 „V,A,-Ω, kΩ“
C1*
R32*
C2
GB1 4,5В
SB3
R36
K1
K1.1
DA1
R37
R33
+U
-U
„—“ SB1.1
„kΩ“ SB1.2
„~“ SB1.3
VD1
VD2
R38
R39
R35
R34*
PA1
μA
R30
C3
R31
K R39
R5
SA1.2
SA1.3
R21
R22
R23
R6
R24
R25
K R26
R5 – C2–23В–0,125–28,7 кОм ± 0,25%
R6 – C2–23В–0,125–287 кОм ± 0,25%
R21 – МЛТ–0,5–1,3 кОм ± 5%
R24 – МЛТ–0,5–13 кОм ± 5%

Ц4353

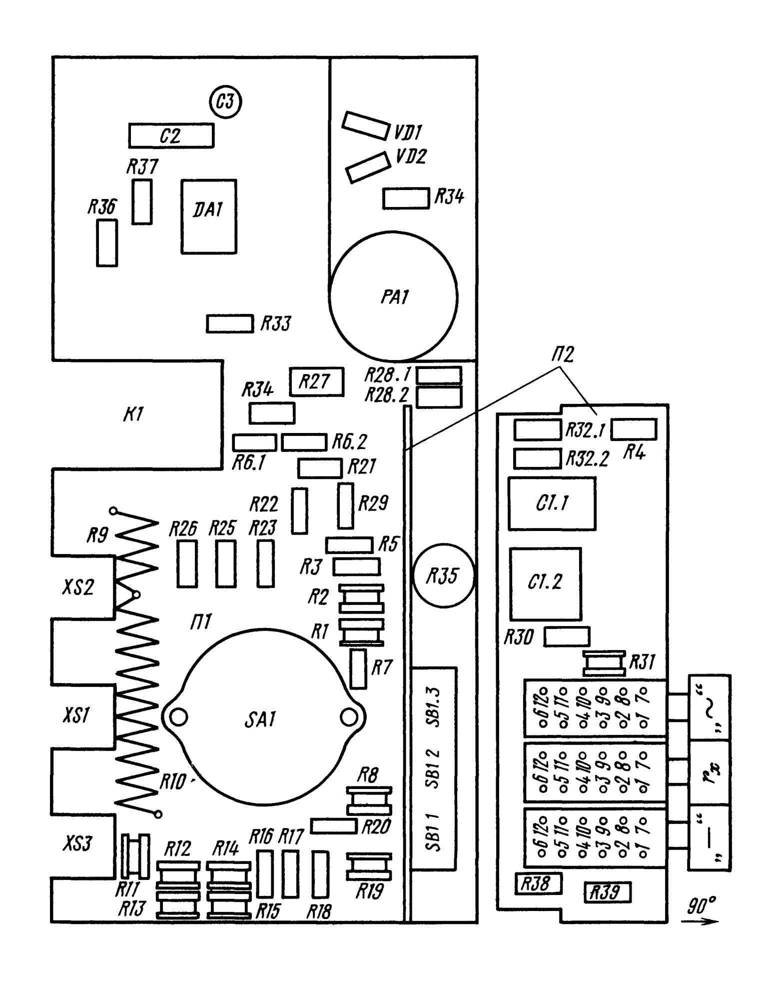


Рис. 104. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4353

Таблица 91. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4353**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	125±0,25 Ом, провод 0,15	1	
R2, R19	300±0,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	
R3	С2-29В-0,125-8,87 кОм ±0,25 %	1	
R4	МЛТ-0,5-1,1 МОм ±10 %	1	
R5	С2-29В-0,125-28,7 кОм ±0,25 %	1	
R6	С2-29В-0,125-287 кОм ±0,25 %	1	
R7	С2-29-0,125-4,99 кОм ±0,25 %	1	
R8	375±0,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R9	0,12±0,0002 Ом, провод МнМц-1,1	1	Шунт
R10	0,48±0,0009 Ом, провод МнМц-1,1	1	»
R11	2,4±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R12	9±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R13	3±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R14	15±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R15	30±0,06 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R16, R17	С2-29В-0,125-120 Ом ±0,25 %	2	
R18, Р20	С2-29В-0,125-1,2 кОм ±0,25 %	2	
R21	МЛТ-0,5-1,3 кОм ±5 %	1	
R22	С2-29В-0,125-59,7 кОм ±0,25 %	1	
R23	С2-29В-0,125-180 кОм ±0,25 %	1	
R24	МЛТ-0,5-13 кОм ±5 %	1	
R25	С2-29В-0,125-597 кОм ±0,25 %	1	
R26	С2-29В-0,125-1,8 кОм ±0,25 %	1	
R27	С2-29В-0,5-3,01 МОм ±0,25 %	1	
R28	МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %	2	Суммарное значение 6±0,018 МОм
R29	С2-29В-0,125-28 кОм ±0,25 %	1	
R30	МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %	1	
R31	600±1,2 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R32*	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %	1	Суммарное значение 2480...2980 Ом
	МЛТ-0,5-(220...430) Ом ±5 %	1	
R33	С2-29-0,125-549 Ом ±0,25 %	1	
R34*	До 370 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R35	СП3-9а-11-3,3 кОм ±20 %	1	
R36	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	
R37	МЛТ-0,5-680 Ом ±10 %	1	
R38, R39	МЛТ-0,5-750 Ом ±5 %	2	
	Конденсаторы		
C1	КБГИ-200В-0,05 мкФ ±5 %	1	Суммарное значение 0,05...0,06 мкФ
	К31-11-3-Б (0,0027...0,01) мкФ	1	
C2	К31-11-3-Б-3300 пФ ±5 %	1	
C3	К50-6-10 В-10 мкФ-БИ	1	
VD1, VD2	Диоды Д9Д	2	
DA1	Микросхемы КМП201УП1А	1	

* Подбирают при регулировке

Пределы		Элементы																																				
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R38	R39
V „–“	600					×	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×	×		o			×		×	×
V „–“	300					×	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×		×		o			×		×	×
V „–“	150					×	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×			×		o			×		×	×
V „–“	60					×	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×				×		o			×		×	×
V „–“	30					×	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×					×		o			×		×	×
V „–“	15					×				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×						×		o			×		×	×
V „–“	6					×				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×							×		o			×		×	×
V „–“	3					×				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×								×		o			×		×	×
V „–“	1,5									o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o									×		o			×		×	×
V „~“	600					×	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×	×				×	×	×	×		×			×
V „~“	300					×	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×	×					×	×	×	×		×			×
V „~“	150					×				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×	×						×	×	×	×		×			×
V „~“	60					×				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×	×							×	×	×	×		×			×
V „~“	30					×				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		×								×	×	×	×		×			×
V „~“	15									o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×										×	×	×	×		×			×
V „~“	6			×						o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×											×	×	×		×			×
V „~“	3	×	×							o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×											×	×	×		×			×
V „~“	1,5	×								o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×											×	×	×		×			×
„–“	1,5A									+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×											×			×			
„–“	0,3A									+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×											×			×			
„–“	60mA									+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×											×			×			
„–“	15mA									+	+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×											×			×			
„–“	3mA									+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×											×			×			
„–“	0,5mA									+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×	×											×			×			
„–“	120µA									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×											×			×			
„–“	−60µA								×	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o											×			×			
„–“	−75mV								×	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o											×			×			
„~“	1,5A									+	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×											×	×	×		×			
„~“	0,3A									+	+	+	×	×	×	×	×	×	×	×											×	×	×		×			
„~“	60mA									+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×											×	×	×		×			
„~“	15mA									+	+	+	+	+	+	+	×	×	×	×											×	×	×		×			
„~“	3mA									+	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×											×	×	×		×			
„~“	0,5mA									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	×											×	×	×		×			
kΩ	×10					×	×			o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×						×		×		×	×	×		×
kΩ	×1					×				o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o									×		×		×	×	×		×
kΩ	×0,1							×		o	o	o	o	o	o	o	o	o	×	×	×											×		×	×	×		
kΩ	×0,01									+	+	+	+	+	+	×	×	×	×	×	×											×		+	×	×		
Ω										o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×													+	×	×		
pF					+																										×	×	+		×	×		

Рис 105 Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4353 (З —

Комбинированный прибор Ц4354

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл 92—94 и на рис 106—108

Входное сопротивление прибора составляет не менее 81 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 7,7 кОм/В при измерении переменного напряжения

Используется при температуре окружающего воздуха 10 35 °С и относительной влажности воздуха до 80 % при температуре 25 °С

							SB1.1								SB1.2						SB1.3						
VD1	VD2	C1	C2	SA1.1	SA1.2	SA1.3	1–2	2–3	4–5	5–6	7–8	8–9	10–11	11–12	1–2	2–3	4–5	5–6	8–9	10–11	1–2	2–3	4–5	5–6	8–9	10–11	11–12
				23		23			×		o				×					×		×		3			×
				22		22			×		o				×					×		×		3			×
				21		21			×		o				×					×		×		3			×
				20		20			×		o				×					×		×		3			×
				19		19			×		o				×					×		×		3			×
				18		18			×		o				×					×		×		3			×
				17		17			×		o				×					×		×		3			×
				16		16			×		o				×					×		×		3			×
				15		15			×		o				×					×		×		3			×
×	×				1					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
×	×				2					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
×	×				3					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
×	×				4					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
×	×				5					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
×	×				6					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
×	×				7					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
×	×				8					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
×	×				9					×		×		×	×		3			×	×		3			×	
				1		1			×		×				+					×		+		3			
				2		2			×		×				+					×		+		3			
				3		3			×		×				+					×		+		3			
				4		4			×		×				+					×		+		3			
				5		5			×		×				+					×		+		3			
				6		6			×		×				+					×		+		3			
				7		7			×		×				+					×		+		3			
				8		8			×		×				×					×		×		3			
				8		8			×		×				×					×		×		3			
×	×				23					×		×		×	+		×			×	+		3				
×	×				22					×		×		×	+		×			×	+		3				
×	×				21					×		×		×	+		×			×	+		3				
×	×				20					×		×		×	+		×			×	+		3				
×	×				19					×		×		×	+		×			×	+		3				
×	×				18					×		×		×	+		×			×	+		3				
				10	14		×		o		o		×			×		3			×		3			×	
				11	13		×		o		o		×			×		3			×		3			×	
				12	12		×		o		×		×			×		3			×		3				
				13	11		+		+		×		+			+		3			+		3				
				14	10	14	+		+		×		+			+			×			+			×		
×	×	+	+		15			+		×		×		×		+					+		3				

цепи защиты)

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр20-0,1 при натяжении 30±5 г с внутрирамочным магнитом и током полного отклонения 10 мкА. Сопротивление подвижной рамки 2000 Ом, она содержит 730...750 витков провода ПЭВ-1 0,02.

В приборе применяется встроенный источник питания — три элемента 316.

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «В» непосредственно. При переходе на другие пределы измерений к показаниям прибора по шкале «dB» необходимо прибавить числа, указанные в табл. 95.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R30, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл 96).

Резистор R31 применяется для подгонки показаний прибора на постоянном

токе. Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_и$ и резистора R31 (в омах) определяется по формуле

$$R_и + R31 = \{[2500 + 0{,}04(t - 20)R_и] \pm 25\},$$

где t — температура, при которой производится подгонка, °С.

На переменном токе прибор подстраивается резистором R38.

Таблица 92. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600; 300; 150; 60; 30; 15; 6; 3; 0,75 В 75 мВ	Постоянный	12,3	—	±2,5
600; 300; 150; 60; 30; 15 В 60; 30; 15 В 6,3 В 0,75 В	Переменный	 130 620 3300	—	±4
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА 120; 12 мкА	Постоянный	—	0,4	±2,5
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6; 0,12 мА	Переменный	—	1,1	±4

Таблица 93. **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В	45...60	45...100
300 В	45...100	45...200
150 В	45...200	45...400
Остальные пределы напряжения и тока	45...1000	45...2000

Таблица 94. **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Источник питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
kΩ×1 kΩ×10 kΩ×100 kΩ×1000 MΩ×10	3 кОм 30 кОм 300 кОм 3 МОм 30 МОм	18,000 1,800 0,180 0,018 15,018	3,7...4,7	67	±2,5
μF	0,1 мкФ	0,200	190...245= =(50+1) Гц	63	±4
dB	—10±12	0,620	—	54	±4

Таблица 95 **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	0,75	1,5	3	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—12	—6	0	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Таблица 96 **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4354**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,1±0,0005 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	Шунт
R2	0,4±0,002 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	»
R3	С2-29В-0,25-2 Ом ±0,5 %	1	
R4	С2-29В-0,125-7,5 Ом ±0,5 %	1	
R5	С2-29В-0,125-75 Ом ±0,5 %	1	
R6	С2-29В-0,125-1 кОм ±0,5 %	1	
R7	С2-29В-0,125-4,17 кОм ±0,5 %	1	
R8	С2-29В-0,125-56,2 кОм ±0,5 %	1	
R9	С2-29В-0,125-124 кОм ±0,5 %	1	
R10	С2-29В-0,125-249 кОм ±0,5 %	1	
R11	С2-29В-0,125-750 кОм ±0,5 %	1	
R12	С2-29В-0,25-1,24 МОм ±0,5 %	1	
R13	МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5 %	1	Последовательно 2,5±0,0125 Мом
	МЛТ-0,5-1,3 МОм ±5 %	1	
R14	МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5 %	1	Последовательно 7,5±0,0375 МОм
	МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5 %	1	
R15	МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5 %	2	Последовательно 12,5±0,0625 МОм

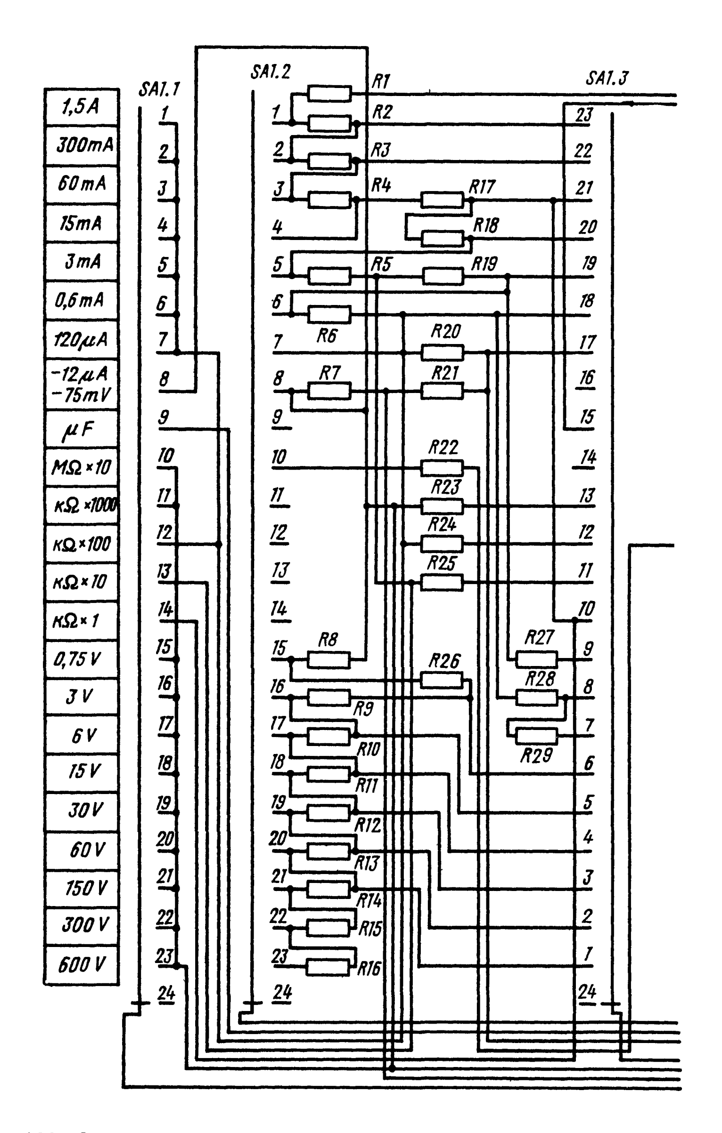
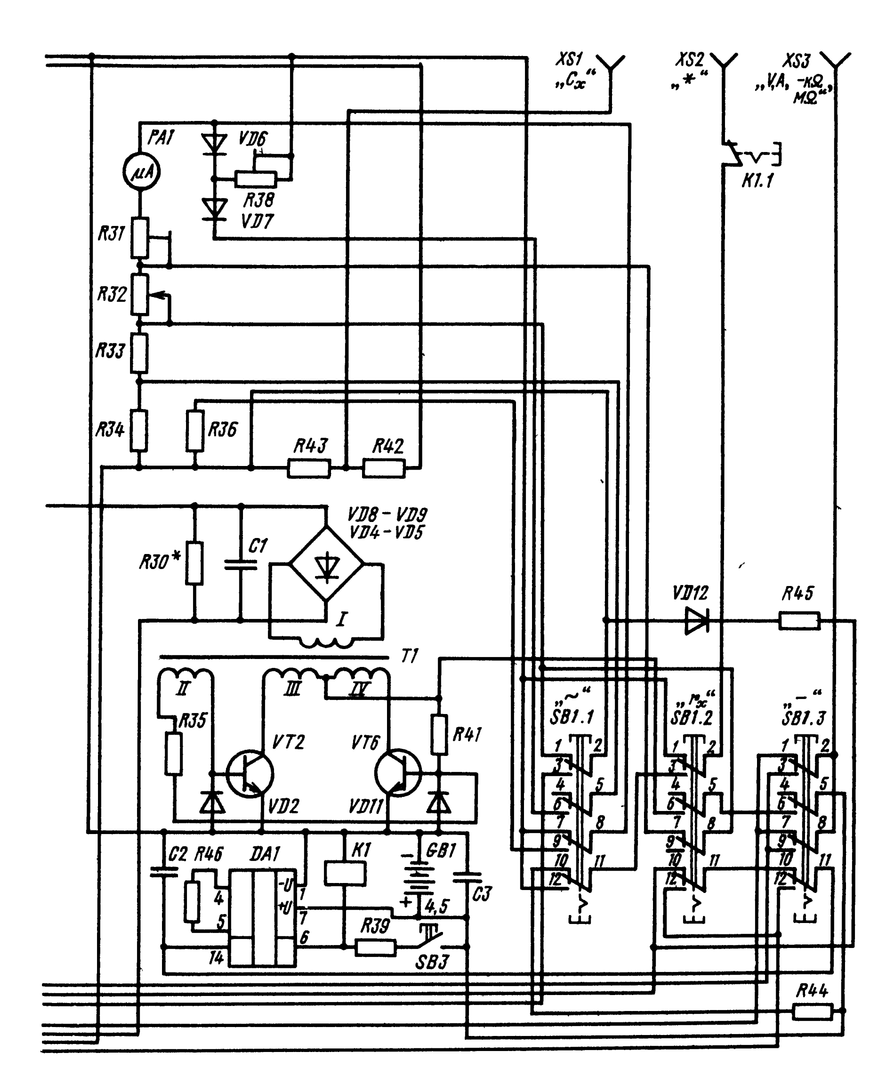


Рис. 106. Схема принципиальная электрическая комбинированного



прибора Ц4354

Окончание табл. 96

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5 %	1	
R16	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5 %	1	Последовательно
	МЛТ-0,5-5,1 МОм ±5 %	4	25±0,125 МОм
R17	С2-29В-0,125-2,52 Ом ±0,5 %	1	
R18	С2-29В-0,125-37,4 Ом ±0,5 %	1	
R19	С2-29В-0,125-124 Ом ±0,5 %	1	
R20, R29	С2-29В-0,125-4,99 кОм ±0,5 %	2	
R21	С2-29В-0,125-6,26 кОм ±0,5 %	1	
R22	С2-29В-0,25-1,2 МОм ±0,5 %	1	Последовательно 2,7±0,0135 МОм
	С2-29В-0,25-1,5 МОм ±0,5 %	1	
R23	С2-29В-0,125-264 кОм ±0,5 %	1	
R24	С2-29В-0,125-25,8 кОм ±0,5 %	1	
R25	С2-29В-0,125-2,32 кОм ±0,5 %	1	
R26	С2-29В-0,125-62,6 кОм ±0,5 %	1	
R27	С2-29В-0,125-6,65 Ом ±0,5 %	1	
R28	С2-29В-0,125-3,92 кОм ±0,5 %	1	
R30	МЛТ-0,5-(83. .120) кОм ±10 %	1	
R31, R38	СП5-1Б-1 кОм	2	
R32	СП3-9а-25-10 кОм ±20	1	
R33	С2-29В-0,125-2,91 кОм ±0,5 %	1	
R34, R36	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5 %	2	
R35	МЛТ-0,5-5,6 кОм ±10 %	1	
R39	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	
R41	МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %	1	
R42	С2-29В-0,25-1,3 МОм ±0,5 %	1	
R43	С2-29В-0,125-200 кОм ±0,5 %	1	
R44	С2-29В-0,125-255 Ом ±0,5 %	1	
R45	МЛТ-0,5-39 кОм ±10 %	1	
R46	МЛТ-0,5-680 Ом ±10 %	1	Допускается 330 . 1000 кОм
	Конденсаторы		
C1, C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ ±10 %	1	
C3	К50-6-1-6,3 В-50 мкФ	1	
	Диоды		
VD4, VD5 VD8, VD9, VD12	КД521Г	5	
VD2, VD6, VD7, VD11	Д9Д	4	
VT2, VT6	Транзистор КТ316Г	2	
DA1	Микросхема КМП201УП1А	1	

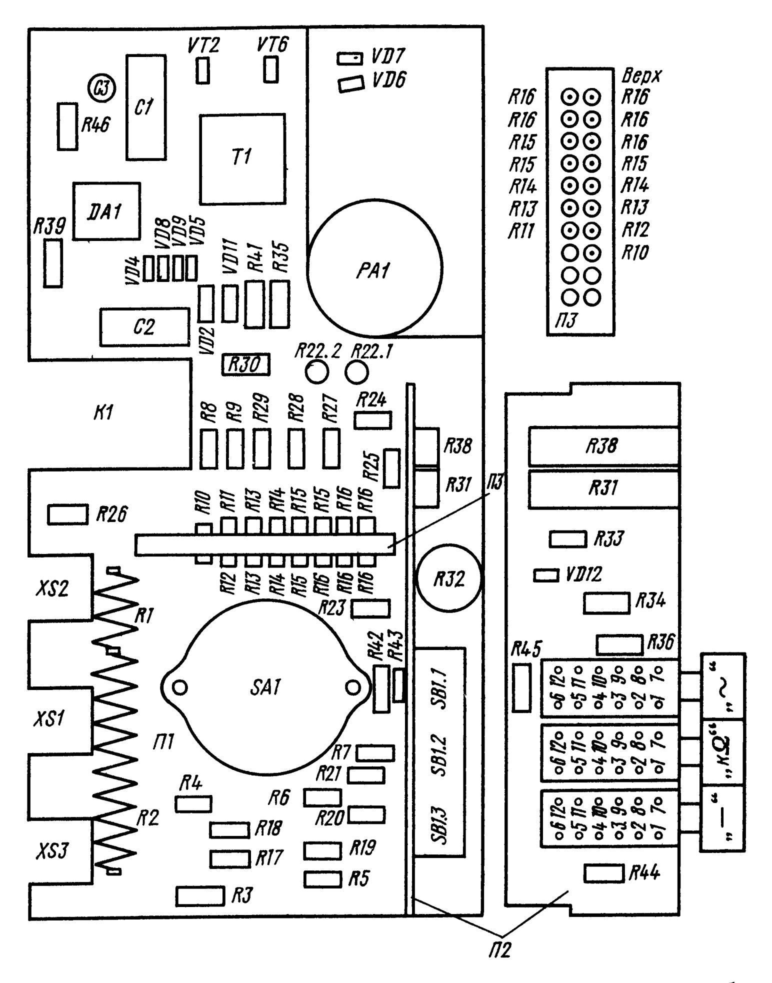


Рис 107 Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4354

Пределы			Элементы																																						
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22, R30	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R31	R32	R33	R34	R36	R38	R42	R43	R44	R45
V	„-“	600	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	o	o	o	o	o					×				×									
		300	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×	×		o	o	o	o	o					×				×									
		150	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×	×			o	o	o	o	o					×				×									
		60	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×				o	o	o	o	o					×				×									
		30	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×					o	o	o	o	o					×				×									
		15	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×						o	o	o	o	o					×				×									
		6	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×							o	o	o	o	o					×				×									
		3	o	o	o	o	o	o	×	×	×								o	o	o	o	o					×				×									
		0,75	o	o	o	o	o	o	×	×									o	o	o	o	o					×				×									
		0,075	o	o	o	o	o	o	×										o	o	o	o	o									×									
	„~“	600	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×	×				o	o	o	o						×				×		×	×	×	×				3
		300	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×	×					o	o	o	o						×				×		×	×	×	×				3
		150	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×	×						o	o	o	o						×				×		×	×	×	×				3
		60	o	o	o	o	o	o	×	×	×	×							o	o	o	o						×				×		×	×	×	×				3
		30	o	o	o	o	o	o	×	×	×								o	o	o	o						×				×		×	×	×	×				3
		15	o	o	o	o	o	o	×	×									o	o	o	o						×				×		×	×	×	×				3
		6	+	+	+	+	+	+											+	+	+	×								×	×	×		×	×	×	×				3
		3	+	+	+	+	+	+											+	+	+	×								×		×		×	×	×	×				3
		0,75	+	+	+	+	+	×											+	+	+	×							×			×		×	×	×	×				3
mA	„-“	1500	+	×	×	×	×	×											×	×	×	×	×									×									
		300	+	+	×	×	×	×											×	×	×	×	×									×									
		60	+	+	+	×	×	×											×	×	×	×	×									×									
		15	+	+	+	+	×	×											×	×	×	×	×									×									
		3	+	+	+	+	×	×											+	+	×	×	×									×									
		0,6	+	+	+	+	+	×											+	+	+	×	×									×									
		0,12	+	+	+	+	+	+											+	+	+	×	×									×									
		0,012	o	o	o	o	o	o	×										o	o	o	o	o									×									
	„~“	1500	+	+	×	×	×	×											×	×	×	×										×		×	×	×	×				3
		300	+	+	+	×	×	×											×	×	×	×										×		×	×	×	×				3
		60	+	+	+	+	×	×											+	×	×	×										×		×	×	×	×				3
		15	+	+	+	+	×	×											+	+	×	×										×		×	×	×	×				3
		3	+	+	+	+	+	×											+	+	+	×										×		×	×	×	×				3
		0,6	+	+	+	+	+	+											+	+	+	×										×		×	×	×	×				3
		0,12	o	o	o	o	o	o											o	o	o	o										×		×	×	×	×				3
MΩ	×10		o	o	o	o	o	o	×										o	o	o	o	o	×								×	×							×	
kΩ	×1000		o	o	o	o	o	o	×										o	o	o	o	o		×							×	×							×	
	×100		+	+	+	+	+	+											+	+	+	×	×			+						×	×							+	
	×10		+	+	+	+	+	×											+	+	×	×	×				+					×	×							+	
	×1		+	+	+	+	×	×											+	×	×	×	×									×	×							+	
μF			o	o	o	o	o	o											o	o	o	o										×	×	×	×	×	×	+	×		3

Рис 108. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4354 (З —

Комбинированный прибор Ц4354-М1

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 97 и на рис. 109—111.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр20-0,1 при натяжении 30±5 г с внутрирамочным магнитом Ток

VD6	VD7	VD12	GB1,C3	SA1.1	SA1.2	SA1.3	SB1.1							SB1.2						SB1.3						
							1-2	2-3	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	2-3	5-6	7-8	10-11	11-12	1-2	2-3	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12
				23	23		×			×				×			×				×			×		3
				22	22		×			×				×			×				×			×		3
				21	21		×			×				×			×				×			×		3
				20	20		×			×				×			×				×			×		3
				19	19		×			×				×			×				×			×		3
				18	18		×			×				×			×				×			×		3
				17	17		×			×				×			×				×			×		3
				16	16		×			×				×			×				×			×		3
				15	15		×			×				×			×				×			×		3
				8	8		×			×				×			×				×			×		3
×	×	3				1		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3				2		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3				3		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3				4		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3				5		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3				6		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3				7		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3				8		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3				9		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
				1	1		×			×				×			×				×			×		3
				2	2		×			×				×			×				×			×		3
				3	3		×			×				×			×				×			×		3
				4	4		×			×				×			×				×			×		3
				5	5		×			×				×			×				×			×		3
				6	6		×			×				×			×				×			×		3
				7	7		×			×				×			×				×			×		3
				8	8		×			×				×			×				×			×		3
×	×	3		1		23		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3		2		22		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3		3		21		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3		4		20		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3		5		19		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3		6		18		×	×		×			×			×	3		×			×		3	
×	×	3		7				×	×		×			×			×	3		×			×		3	
			+	10	10		×			×		×			×	+					×	+		×		3
			×	11		13	×			×		×			×				3	×			×		3	
			+	12		12				×		+			+				3	+			+		3	
			+	13		11				×		+			+				3	+			+		3	
			+	14		10				×		+			+				3	+			+		3	
×	×	3		9		15		×	×		×		×		×				3	+			+		3	

цепи защиты)

полного отклонения 10 мкА. Сопротивление подвижной рамки 2000 Ом содержит 730—750 витков провода ПЭВ-0,02.

Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С. Питание прибора осуществляется от четырех элементов типа 316 или А316 «Квант».

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «В» непосредственно. При переходе на другие пределы измерений к показаниям прибора по шкале «В» необходимо прибавить числа, указанные в табл. 98.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов и принципиальной электрической схеме прибора (табл. 99).

Таблица 97 **Основные технические параметры комбинированного прибора Ц4354-М1**

Предел измерения	Род тока	Входное сопротивление, кОм/В	Длина шкалы, мм	Основная погрешность, %
300, 600 В	Постоянный	16	—	±2,5
300, 600 В	Переменный	16	—	±4
150; 60; 30; 15, 6; 3; 0,75; 0,075 В	Постоянный	36	—	±2,5
150; 60; 30; 15; 6, 3, 0,75 В	Переменный	36	—	±4
1500; 300; 60; 15; 3, 0,6; 0,12, 0,012 мА	Постоянный	—	—	±2,5
1500; 300; 60; 15, 3; 0,6; 0,12 мА	Переменный	—	—	±4
MΩ×10, kΩ×1000; kΩ×100; kΩ×10, kΩ×1	—	—	72	±2,5
μF	Переменный	—	55	±4
dB	Переменный	36	60	±4

Таблица 98. **Поправочные числа к пределам измерений**

Предел измерения, В	0,75	1,5	3	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—12	—6	0	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

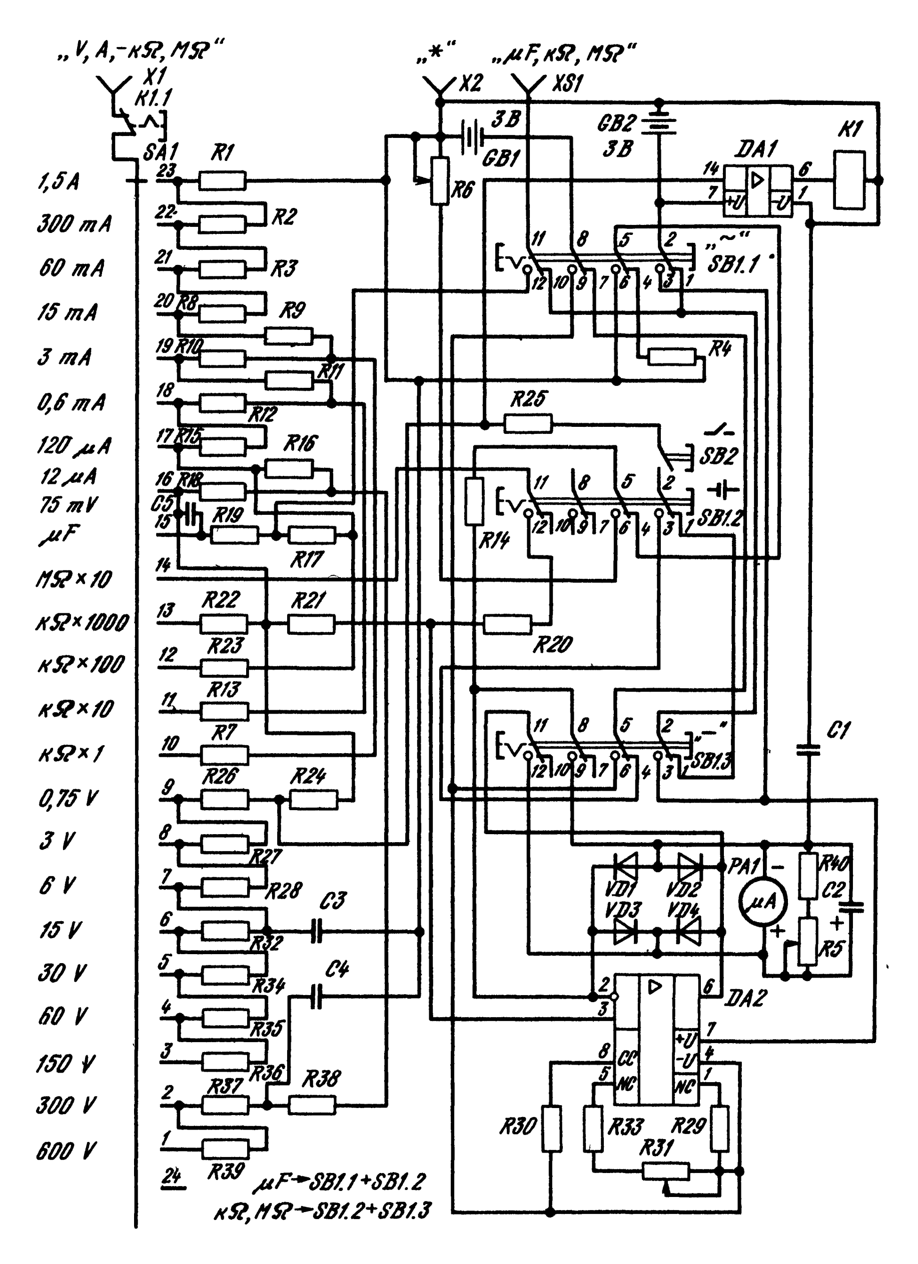


Рис. 109. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4354-М1

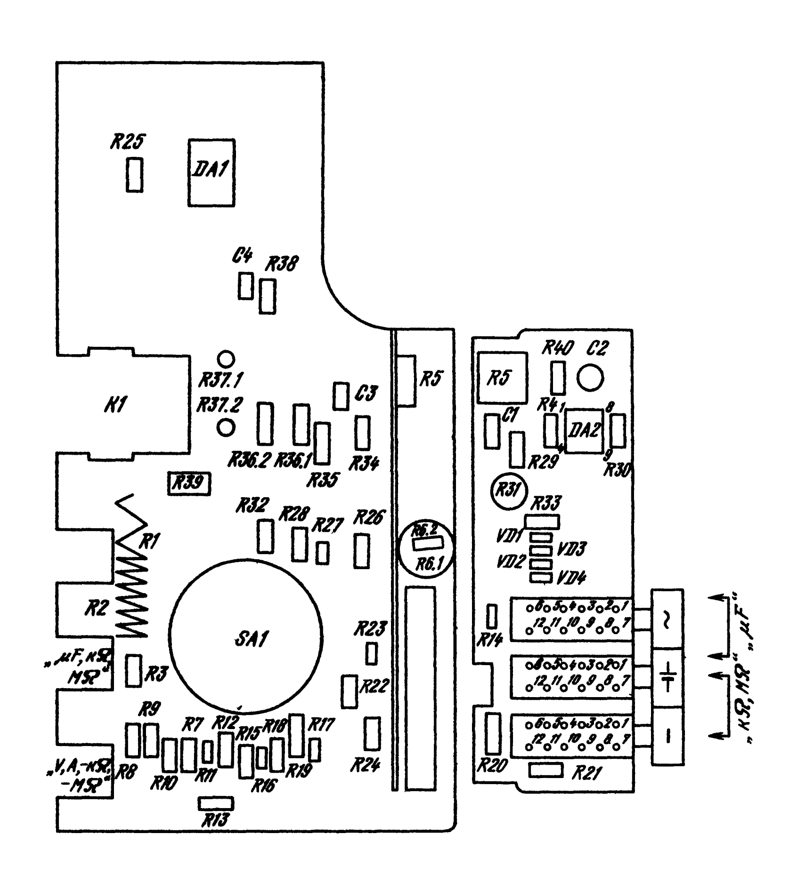


Рис. 110. Схема размещения элементов комбинированного прибора Ц4354-М1

Таблица 99. **Перечень элементов к принципиальной схеме комбинированного прибора Ц4354-М1**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,05±0,00025 Ом	1	Шунт
R2	0,2±0,001 Ом	1	»
R3	С2-29В-0,125-1 Ом ±0,5 %	1	
R4	МЛТ-0,25-24 Ом ±10 %	1	
R5	СП5-3 1,5 кОм ±10 %	1	
R6	СП3-9а-11-1 кОм ±20 %	1	Параллельно 135 Ом ±20 %
	МЛТ-0,25-160 Ом ±10 %	1	
R7	С2-29В-0,125-218 Ом ±1 %	1	

Окончание табл. 99

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
R8	С2-29В-0,125-3,74 Ом ±0,5 %	1	
R9	С2-29В-0,125-1,26 Ом ±0,5 %	1	
R10	С2-29В-0,125-18,7 Ом ±0,5 %	1	
R11	С2-29В-0,125-37,4 Ом ±0,5 %	1	
R12	С2-29В-0,125-62,6 Ом ±0,5 %	1	
R13	С2-29В-0,125-2,21 кОм ±1 %	1	
R14	С2-29В-0,125-221 Ом ±0,5 %	1	
R15	С2-29В-0,125-499 Ом ±0,5 %	1	
R16	С2-29В-0,125-626 Ом ±0,5 %	1	
R17	С2-29В-0,125-200 кОм ±1 %	1	
R18	С2-29В-0,125-4,99 кОм ±0,5 %	1	
R19	С2-29В-0,25-1,3 МОм ±1 %	1	
R20	С2-29В-0,25-2,21 МОм ±1 %	1	
R21	С2-29В-0,125-56,2 кОм ±0,5 %	1	
R22	С2-29В-0,125-221 кОм ±1 %	1	
R23	С2-29В-0,125-22,1 кОм ±1 %	1	
R24	С2-29В-0,125-2,64 кОм ±0,5 %	1	
R25	МЛТ-0,25-30 кОм ±10 %	1	
R26	С2-29В-0,125-53,6 кОм ±0,5 %	1	
R27	С2-29В-0,125-187 кОм ±0,5 %	1	
R28	С2-29В-0,125-249 кОм ±0,5 %	1	
R29	МЛТ-0,25-24 кОм ±10 %	1	
R30	МЛТ-0,25-200 кОм ±10 %	1	
R31	СП3-38б-0,125-33 кОм ±20 %	1	Допускается СП3-27а
R32	С2-29В-0,125-750 кОм ±0,5 %	1	
R33	МЛТ-0,25-33 кОм ±10 %	1	
R34	С2-29В-0,25-1,26 МОм ±0,5 %	1	
R35	С2-29В-0,25-2,49 МОм ±0,5 %	1	
R36	С2-29В-0,25-3,48 МОм ±0,5 %	1	
	С2-29В-0,25-4,02 МОм ±0,5 %	1	
R37	С2-29В-0,5-4,87 МОм ±0,5 %	1	
R38	МЛТ-0,25-130 кОм ±10 %	1	
R39	С2-29В-0,5-4,99 МОм ±0,5 %	1	
R40	МЛТ-0,25-1,5 кОм ±10 %	1	
	Конденсаторы		
C1	К73-9-100 В-2700 пФ ±10 %	1	
C2	К50-6-1-6,3 В-50 мкФ	1	
C3	КД2-М1500-39 пФ ±10 %	1	
C4	КД2-Н70-680 пФ $^{+80}_{-20}$ %	1	
C5*	КД2-М750-6,8 пФ ±10 %	1	При необходимости
VD1—VD4	Диод КД521В	4	
DA1	Усилитель устройства защиты КМП203УП1А	1	Допускается КМП201УП1
DA2	Микросхема КР140УД1208		

Пределы			R1	R2	R3	R4	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29-R31,R33,DA2
		Элементы																												
V	"–"	600	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		×			×								×
		300	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		×			×								×
		150	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		60	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		30	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×			×	×	×
		15	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		6	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		3	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×		×
		0,75	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×			×
		0,075	+	+	+	×			+	+	+	+	+		×	+	+		×			×								×
	"~"	600	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		×			×								×
		300	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		×			×								×
		150	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		60	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		30	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		15	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		6	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×	×	×
		3	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×	×		×
		0,75	+	+	+				+	+	+	+	+		×	+	+		+			×			×		×			×
mA	"–"	1500	+	×	×	×			×	×	×	×	×			×	×		×			×								×
		300	+	+	×	×			×	×	×	×	×			×	×		×			×								×
		60	+	+	+	×			×	×	×	×	×			×	×		×			×								×
		15	+	+	+	×			+	×	×	×	×			×	×		×			×								×
		3	+	+	+	×			+	+	+	×	×			×	×		×			×								×
		0,6	+	+	+	×			+	+	+	+	+			×	×		×			×								×
		0,12	+	+	+	×			+	+	+	+	+			+	+		×			×								×
		0,012	+	+	+	×			+	+	+	+	+			+	+		+			×								×
	"~"	1500	+	+	×				×	×	×	×	×			×	×		×			×								×
		300	+	+	×				×	×	×	×	×			×	×		×			×								×
		60	+	+	+				×	×	×	×	×			×	×		×			×								×
		15	+	+	+				+	×	×	×	×			×	×		×			×								×
		3	+	+	+				+	+	+	×	×			×	×		×			×								×
		0,6	+	+	+				+	+	+	+	+			×	×		×			×								×
		0,12	+	+	+				+	+	+	+	+			+	×		×			×								×
MΩ		×10					×								×						×									×
kΩ		×1000	+	+	+		×		+	+	+	+	+			+	+		+			×	+							×
		×100	+	+	+		×		+	+	+	+	+			+	×		×			×		+						×
		×10	+	+	+		×		+	+	+	+	×	+		×	×		×			×								×
		×1	+	+	+		×	+	+	+	×	×	×			×	×		×			×								×
μF			+	+	+		×		+	+	+	+	+		×	+	+	+	+	+		×								×

Рис. 111. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4354-М1

Элементы

	R5,R40,PA1,C2	VD1-VD4,C1	R32	R34	R35	R36	R37	R38	R39	C3	C4	C5	GB1	GB2	SA1	SB1.1								SB1.2					SB1.3					
																1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	10-11	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	8-9	11-12
	×						×	×	×				×	×	1	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×						×	×					×	×	2	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×		×	×	×	×							×	×	3	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×		×	×	×								×	×	4	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×		×	×									×	×	5	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×		×										×	×	6	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	7	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	8	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	9	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	16	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×	×					×	×	×		×		×	×	1		+U		×		-U					×								
	×	×					×	×			×		×	×	2		+U		×		-U					×								
	×	×	×	×	×	×				×			×	×	3		+U		×		-U					×								
	×	×	×	×	×					×			×	×	4		+U		×		-U					×								
	×	×	×	×						×			×	×	5		+U		×		-U					×								
	×	×	×							×			×	×	6		+U		×		-U					×								
	×	×											×	×	7		+U		×		-U					×								
	×	×											×	×	8		+U		×		-U					×								
	×	×											×	×	9		+U		×		-U					×								
	×												×	×	23	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	22	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	21	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	20	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	19	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	18	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	17	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×												×	×	16	+U		×		-U						×				+U		-U	×	×
	×	×											×	×	23		+U		×		-U					×								
	×	×											×	×	22		+U		×		-U					×								
	×	×											×	×	21		+U		×		-U													
	×	×											×	×	20		+U		×		-U					×								
	×	×											×	×	19		+U		×		-U					×								
	×	×											×	×	18		+U		×		-U					×								
	×	×											×	×	17		+U		×		-U					×								
	×												×	×	14	+U				-U		×					×	×		+U		-U	×	×
	×												×	×	13	+U				-U		+					×	×		+U		-U	×	×
	×												×	×	12	+U				-U		+					×	×		+U		-U	×	×
	×												×	×	11	+U				-U		+					×	×		+U		-U	×	×
	×												×	×	10	+U				-U		+					×	×		+U		-U	×	×
	×	×										×	×	×	15		+U				-U		+				×							

Комбинированный прибор 43101

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения постоянного тока.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 100—102 и на рис. 112—114.

Входное сопротивление прибора около 20 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений, а с множителем ×2 10 кОм/В. Рабочая температура —10...+40 °С, относительная влажность воздуха 90 % при температуре 30 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках. Ток полного отклонения 29 мкА, сопротивление подвижной рамки 775 Ом.

Питание прибора осуществляется от встроенного источника питания, состоящего из трех элементов типа 316.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 103).

Таблица 100. **Основные технические параметры встроенного ампервольтметра**

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В 75 мВ	Постоянный	51	—	±1,5
500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В; 75 мВ } ×2	Постоянный	102	—	±1,5
500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В	Переменный	53	—	±2,5
500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В } ×2	Переменный	106	—	±2,5
10А	Постоянный Переменный	—	0,6	±1,5 ±2,5
2500; 500; 100; 25; 5; 1; 0,25 мА	Постоянный Переменный	—	0,3	±1,5 ±2,5
50 мкА	Постоянный	—	0,08	±1,5
2500; 500; 100 25; 5; 0,25 мА } ×2	Постоянный Переменный	—	0,6	±1,5 ±2,5
50 мкА×2	Постоянный	—	0,16	±1,5

Таблица 101 **Частотные параметры прибора**

Предел измерения	Частотная область Гц	
	номинальная	расширенная
250, 500, 1000	45 60	45 200
200, 100, 0,15, 0,075 В, 10 А	45 400	45 1000
0,5 В, 5000 мА	45 2000	45 5000
Остальные пределы напряжения и тока	45 5000	20 20 000

Таблица 102 **Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения**

Предел измерения	Конечное значение измеряемого параметра	Значение напряжения источника питания В	Длина рабочей части шкалы мм	Основная погрешность %
Ω	200	3,7 4,7	62	±2,5
kΩ×1	10	3,7 4,7	70	±2,5
kΩ×10	100	3,7 4,7	70	±2,5
kΩ×100	1000	3,7 4,7	70	±2,5
kΩ×1000	10 000	190 245	70	±2,5
nF×10	0,1	190 245	70	±4
nF×100	1	190 245	70	±2,5
dBu	—10 +12	—	50	±2,5

Примечание Ток потребления 0 053 мА

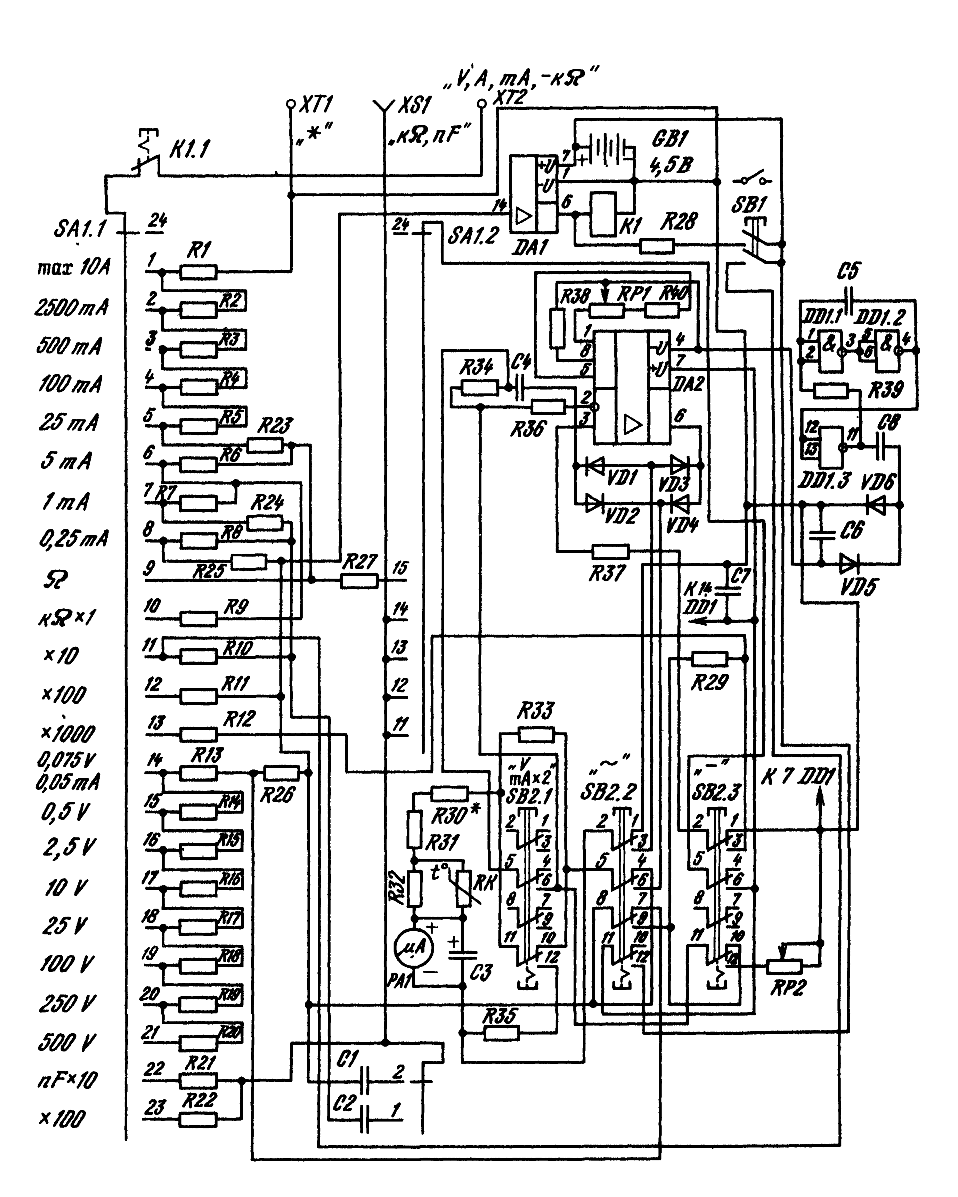


Рис. 112. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 43101

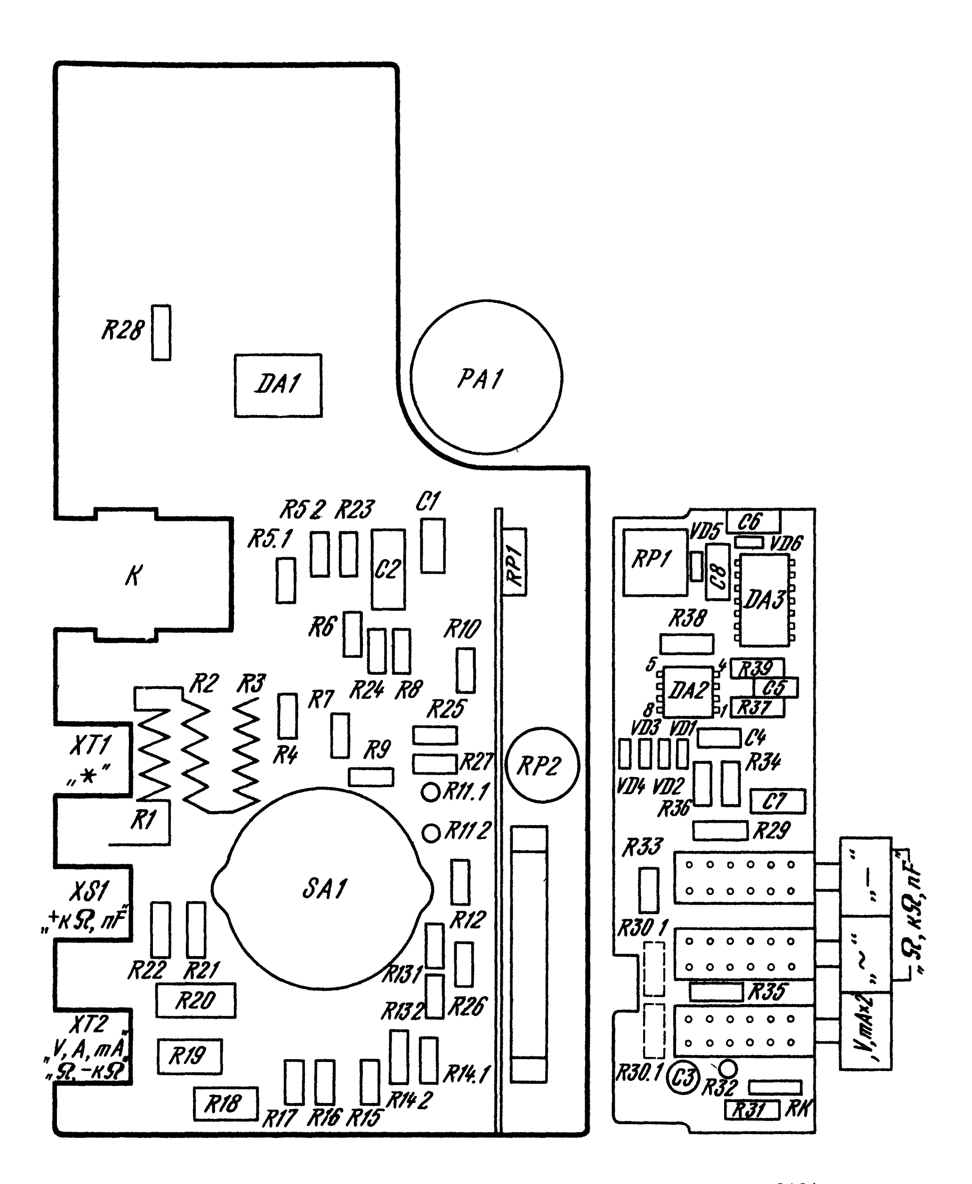


Рис 113 Схема размещения элементов комбинированного прибора 43101

Пределы			Элементы																									
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26
mA	"–"	max 10 A	+	×	×	×	×	×	×	×															×	×	×	
		2500	+	+	×	×	×	×	×	×															×	×	×	
		500	+	+	+	×	×	×	×	×															×	×	×	
		100	+	+	+	+	×	×	×	×															×	×	×	
		25	+	+	+	+	+	×	×	×															×	×	×	
		5	+	+	+	+	+	+	×	×															+	×	×	
		1	+	+	+	+	+	+	+	×															+	×	×	
		0,25	+	+	+	+	+	+	+	+															+	+	×	
	"~"	max 10 A	+	×	×	×	×	×	×	×															×	×	×	
		2500	+	+	×	×	×	×	×	×															×	×	×	
		500	+	+	+	×	×	×	×	×															×	×	×	
		100	+	+	+	+	×	×	×	×															×	×	×	
		25	+	+	+	+	+	×	×	×															×	×	×	
		5	+	+	+	+	+	+	×	×															+	×	×	
		1	+	+	+	+	+	+	+	×															+	×	×	
		0,25	+	+	+	+	+	+	+	+															+	+	×	
V	"–"	0,075(0,05mA)	o	o	o	o	o	o	o	o					×										o	o	o	
		0,5	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×									o	o	o	
		2,5	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×								o	o	o	
		10	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×							o	o	o	
		25	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×	×						o	o	o	
		100	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×	×	×					o	o	o	
		250	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×	×	×	×				o	o	o	
		500	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×	×	×	×	×			o	o	o	
	"~"	0,075(0,05mA)	o	o	o	o	o	o	o	o					×										o	o	o	×
		0,5	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×									o	o	o	×
		2,5	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×								o	o	o	×
		10	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×							o	o	o	×
		25	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×	×						o	o	o	×
		100	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×	×	×					o	o	o	×
		250	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×	×	×	×				o	o	o	×
		500	o	o	o	o	o	o	o	o					×	×	×	×	×	×	×	×			o	o	o	×
Ω			+	+	+	+	+	×	×																+	×	×	
kΩ		×1	+	+	+	+	+	+	+	×	×	+													+	+	×	
		×10	+	+	+	+	+	+	+	×		+													+	+	+	
		×100	+	+	+	+	+	+	+	×		+	×												+	+	+	
		×1000	+	+	+	+	+	+	+	×		+		×											+	+	+	
nF		×10	×	×	×	×	×	×	×	×		+											+		×	×	×	
		×100	×	×	×	×	×	×	×	×		+												+	×	×	×	
×2																												

Рис. 114. Карта электрических цепей комбинированного прибора 43101:

○ — цепи питания микросхемы в цепи измерения, ⊗ — цепи измерения после преобразования

R27	R28,DA1,K1	R29	R30-R32,PK,C3	R33	R34	DA2,C4,R36,R38, R40,RP,VD1-VD4	DD1,C3,C5-C8, VD5,VD6,R39	Элементы																						
								R35	R37	RP2	C1	C2	GB1	SB2.1			SB2.2							SB2.3					SA1.1	SA1.2
														5-6	10-11	11-12	1-2	2-3	4-5	5-6	7-8	8-9	11-12	1-2	2-3	5-6	10-11	11-12		
	3		×												×		×		×										1	
	3		×												×		×		×										2	
	3		×												×		×		×										3	
	3		×												×		×		×										4	
	3		×												×		×		×										5	
	3		×												×		×		×										6	
			×												×		×		×										7	
			×												×		×		×										8	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		1	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		2	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		3	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		4	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		5	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		6	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		7	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		8	
			×												×		×		×		×								14	
			×												×		×		×		×								15	
			×												×		×		×		×								16	
			×												×		×		×		×								17	
			×												×		×		×		×								18	
			×												×		×		×		×								19	
			×												×		×		×		×								20	
			×												×		×		×		×								21	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		14	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		15	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		16	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		17	
			⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		18	
	3		⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		19	
	3		⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		20	
	3		⊗		×	⊗	⊕		×						⊗			⊗		⊗		×	⊕	×			×		21	
+		×	⊗			⊗	⊕		×	×			+		⊗			⊗		⊗		×	+		×	+		×	9	15
		×	⊗			⊗	⊕		×	×			+		⊗			⊗		⊗		×	+		×	+		×	10	14
		×	⊗			⊗	⊕		×	×			+		⊗			⊗		⊗		×	+		×	+		×	11	13
		×	⊗			⊗	⊕		×	×			+		⊗			⊗		⊗		×	+		×	+		×	12	12
		×	⊗			⊗	⊕		×	×			+		⊗			⊗		⊗		×	+		×	+		×	13	11
					×	⊗	⊕			×	×		⊕		⊗			⊗		⊗		×	⊕		×			×	22	2
					×	⊗	⊕			×		×	⊕		⊗			⊗		⊗		×	⊕		×			×	23	1
				×				×						×		×														

Таблица 103. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора 43101**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	0,015 Ом ±0,00005 Ом	1	Шунт
R2	0,045±0,00015 Ом	1	»
R3	0,24±0,0007 Ом	1	»
R4	С2-29В-0,125-1,2±0,006 Ом	1	
R5	С2-29В-0,125-1,98±0,01 Ом	1	Последовательно R5=4,5 Ом
	С2-29В-0,125-2,52 Ом ±0,5 %	1	
R6	С2-29В-0,125-12 Ом ±0,25 %	1	
R7	С2-29В-0,125-120 Ом ±0,25 %	1	
R8	С2-29В-0,125-301 Ом ±0,25 %	1	
R9	С2-29В-0,125-965 Ом ±0,5 %	1	
R10	С2-29В-0,125-9,65 кОм ±0,5 %	1	
R11	С2-29В-0,125-96,5 кОм ±0,5 %	1	
R12	С2-29В-0,125-965 кОм ±0,25 %	1	
R13	С2-29В-0,125-240 Ом ±0,25 %	1	
R14	С2-29В-0,125-8,56 кОм ±0,25 %	1	Параллельно R14=8,5 кОм
	МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5 %	1	
R15	С2-29В-0,125-40,2 кОм ±0,25 %	1	
R16	С2-29В-0,125-150 кОм ±0,25 %	1	
R17	С2-29В-0,125-301 кОм ±0,25 %	1	
R18	С2-29В-0,5-1,5 МОм ±0,25 %	1	
R19	С2-29В-0,5-3,01 МОм ±0,25 %	1	
R20	С2-29В-1-4,99 МОм ±0,25 %	1	
R21	МЛТ-0,5-4,7 МОм ±5 %	1	
R22	МЛТ-0,5-470 кОм ±5 %	1	
R23	С2-29В-0,125-12 Ом ±0,25 %	1	
R24	С2-29В-0,125-150 Ом ±0,25 %	1	
R25	С2-29В-0,125-2,4 кОм ±0,25 %	1	
R26	С2-29В-0,125-193 Ом ±0,25 %	1	
R27	С2-29В-0,125-549 Ом ±0,5 %	1	
R28	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	
R29	МЛТ-0,5-27 кОм ±10 %	1	
R30*	МЛТ-0,5-(22...430) Ом ±10 %	1	
R31	МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %	1	
R32	С2-29В-0,125-240 Ом ±0,25 %	1	
R33	С2-29В-0,125-1,1 кОм ±0,25 %	1	
R34	С2-29В-0,125-2,4 кОм ±0,25 %	1	
R35	С2-29В-0,125-2,18 кОм ±0,25 %	1	
R36	С2-29В-0,125-1,67 кОм ±0,25 %	1	
R37	МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %	1	
R38	МЛТ-0,5-270 кОм ±10 %	1	
R39	МЛТ-0,5-15 кОм ±10 %	1	
R40	С2-29В-0,125-27,1 кОм ±0,5 %	1	
RK	ММТ-13в-470 Ом ±20 %	1	Терморезистор
RP1	СП3-39А-0,5-100 кОм ±20 %	1	
RP2	СП3-9а-11-6,8 кОм ±10 %	1	
	Конденсаторы		
C1	К73-9-100 В-0,01 мкФ ±5 %	1	
C2	К73-9-100 В-0,1 мкФ ±5 %	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
C3	К50-16-10 В-10 мкФ	1	
C4	К73-9-100 В-1800 пФ ±10 %	1	
C5	К73-9-100 В-2200 пФ ±10 %	1	
C6—C8	К73-9-100 В-0,047 мкФ ±20 %	3	
	Микросхемы		
D1	КМР203УП1	1	
D2	КР140УД12 08	1	
D3	К561ЛА7	1	
VD1—VD6	Диод КД521В	6	

* Подбирают при регулировке

Примечание В приборе могут быть установлены элементы других типов, не ухудшающие характеристики прибора

Комбинированный прибор 43102

Прибор предназначен для измерений напряжения постоянного тока, среднеквадратического значения напряжения переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля, в том числе и двигателя с бесконтактной системой зажигания, и угла замкнутого состояния контактов с электрооборудованием напряжением 12 В с минусом на «массе» автомобиля.

Рабочая температура 1.. 40 °С, относительная влажность воздуха 80 % при температуре 25 °С.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 104 и на рис. 115—117.

Основная погрешность прибора выражается приведенной погрешностью к пределу измерения (конечному значению диапазона) при измерении напряжения постоянного и переменного токов, частоты вращения коленчатого вала двигателя и угла замкнутого состояния контактов прерывателя и к длине шкалы при измерении сопротивления, причем длина шкалы на пределе 100 Ом составляет 54 мм, а на пределе 100 кОм 46 мм.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внутрирамочным магнитом на растяжках с током полного отклонения 75 мкА Подвижная рамка содержит 595±15 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Напряжение источника питания встроенного амперметра 1,35...1,65 В.

Напряжение источника питания схемы измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя и угла замкнутого состояния контактов прерывателя 10,8 .15 В.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 105).

Таблица 104. **Основные технические параметры комбинированного прибора 43102**

Измеряемая величина	Конечное значение	Потребляемый ток, мА	Основная погрешность, %
Напряжение постоянного тока	2; 20; 40 В	0,105	±1,5
Напряжение переменного тока	60...400 В	0,510	±2,5
Сопротивление постоянному току	0,1; 100 кОм	35	±2,5
Частота вращения коленчатого вала двигателя	1500; 9000 $мин^{-1}$	15	±2,5
Угол замкнутого состояния контактов прерывателя	45; 60; 90 град	15	±2,5

Таблица 105. **Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора 43102**

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
	Резисторы		
R1	С2-29В-0,25-12 Ом ±0,25 %	1	
R2	С2-29В-0,125-18,4 кОм ±0,5 %	1	
R3	С2-29В-0,125-180 кОм ±0,25 %	1	
R4	С2-29В-0,25-200 кОм ±0,25 %	1	
R5	С2-29В-0,5-1,0 МОм ±0,5 %	1	
R6	МЛТ-0,5-5,1 кОм ±5 %	1	
R7, R8	МЛТ-0,5-1,8 кОм ±10 %	2	
R9	МЛТ-0,5-470 Ом ±10 %	1	
R10	МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %	1	
R11	С2-29В-0,25-8,35 кОм ±0,5 %	1	
R12	СП3-9а-11-6,8 кОм ±20 %	1	
R13	МЛТ-0,5-62 Ом ±5 %	1	
R14	МЛТ-0,5-1 кОм ±10 %	1	
R15	МЛТ-0,5-2,7 кОм ±5 %	1	
R16*	МЛТ-0,5-(10...33) кОм	1	
R17	МЛТ-0,5-100 кОм ±10 %	1	
R18	МЛТ-0,5-330 Ом ±10 %	1	
R19*—R21*	МЛТ-0,5-(22...910) Ом	3	
R22	С2-29В-0,25-2,61 кОм ±0,5 %	1	
R23	С2-29В-0,25-287 Ом ±0,5 %	1	
R24	С2-29В-0,25-145 Ом ±0,5 %	1	
R25	С2-29В-0,25-422 Ом ±0,5 %	1	
	Конденсаторы		
C1, C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ ±10 %	2	
C3	МБМ-160 В-0,5 мкФ ±10 %	1	
C4	К50-6-II-6,3 В-200 мкФ ±10 %	1	
VD1	Диод КД105Б	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
VD2	Стабилитрон Д814Б	1	
VD3—VD7	Диод КД521В	5	
VT1	Транзистор КТ315В	1	

* Подбирают при регулировке

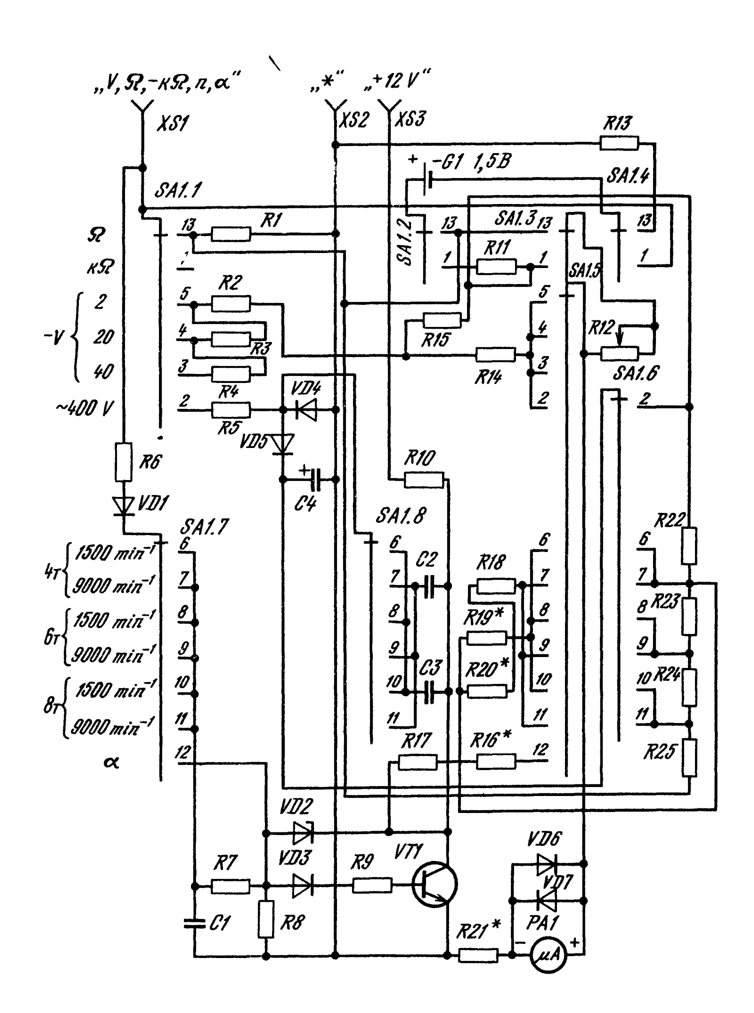


Рис. 115. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 43102

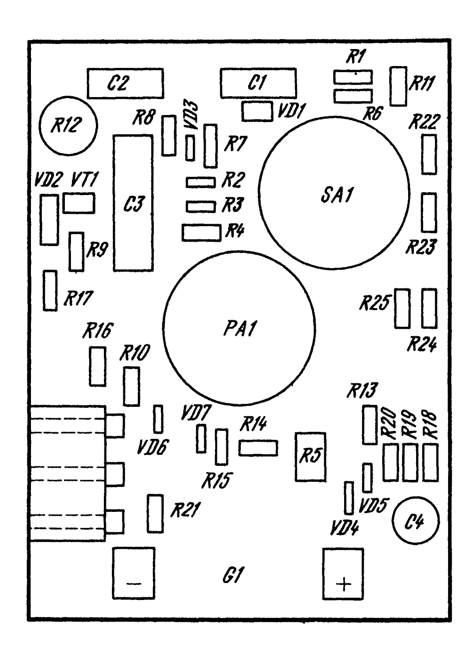


Рис 116 Схема размещения элементов комбинированного прибора 43102

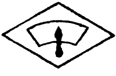
Пределы	Элементы																																										
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16*	R17	R18	R19	R20	R21*; PA1, VD6, VD7	R22	R23	R24	R25	C1	C2	C3	C4	G1	VD1	VD2	VD3	VD4, VD5	VT1	SA1.1	SA1.2	SA1.3	SA1.4	SA1.5	SA1.6	SA1.7	SA1.8
Ω	+											×	+								×									+						13	13	13	13				
кΩ	o										×	×									×	o	o	o	o					×							1	1	1				
2 V		×												×							×															5				5			
20 V		×	×											×							×															4				4			
40 V		×	×	×										×							×															3				3			
~400 V					×									×	×						×								×					×		2				2	2		
4т 1500 min^{-1}	o					×	×	×	×	+									o		×		o	o	o	×		×	×		×	+	×	×	×					6	6	6	6
4т 9000 min^{-1}	o					×	×	×	×	+								o		o	×		o	o	o	×	×		×		×	+	×	×	×					7	7	7	7
6т 1500 min^{-1}	o					×	×	×	×	+									o		×			o	o	×		×	×		×	+	×	×	×					8	8	8	8
6т 9000 min^{-1}	o					×	×	×	×	+								o		o	×			o	o	×	×		×		×	+	×	×	×					9	9	9	9
8т 1500 min^{-1}	o					×	×	×	×	+									o		×				o	×		×	×		×	+	×	×	×					10	10	10	10
8т 9000 min^{-1}	o					×	×	×	×	+								o		o	×				o	×	×		×		×	+	×	×	×					11	11	11	11
α						×	o	×	×	+						×	×				×					o					×	+	×		×					12		12	

Рис. 117. Карта электрических цепей комбинированного прибора 43102

Фирменные знаки заводов-изготовителей



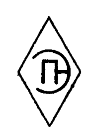
Краснодарский завод измерительных приборов «ЗИП»



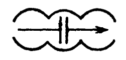
Омский завод «Электроточприбор»



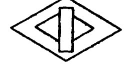
Санкт-Петербургский завод «Вибратор»



Московский завод «Энергоприбор»



Невинномысский завод электроизмерительных приборов



Чебоксарский завод электроизмерительных приборов (ЧЗЭИП)



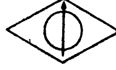
Витебский завод электроизмерительных приборов (ВЗЭП)



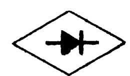
Кишиневский завод «Микропровод»



Уманский завод «Мегомметр»



Киевский завод «Точэлектроприбор»



Житомирский завод «Электроизмеритель»



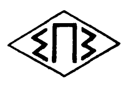
Львовский завод электроизмерительных приборов



Ереванский завод «Электроточприбор»



Кишиневский завод «Электроприбор»



Ереванский завод «Электроприбор»



Житомирское производственное объединение «Электроизмеритель»

Список литературы

1. **Меерсон А. М.** Радиоизмерительная техника.— 3-е изд., перераб. и доп.— Л.: Энергия.— 1978.— 408 с.
2. **Сапаров В. Е., Максимов Н. А.** Системы стандартов в электросвязи и радиоэлектронике: Учеб. пособие для вузов.— М.: Радио и связь.— 1985.— 248 с.
3. **Предлагает «Измеритель»** // Радио.— 1980.— № 5.— С. 42, 43.
4. **Измерительные** приборы // Радио.— 1980.— № 6.— С. 50.
5. **Измерительные** приборы для радиолюбителей // Радио.— 1986.— № 10.— С. 40, 41.
6. **Иванов Б.** Контролирующее устройство для автомобиля // Радио.— 1983.— № 4.— С. 26.
7. **Ринский В. И.** Измерительная лаборатория радиолюбителя.— М.: Радио и связь.— 1983.— 104 с.
8. **Фролов В. В.** Радиолюбительская технология.— М.: ДОСААФ, 1975.— 134 с.

Оглавление



РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Издательство «Радио и связь»